차 례



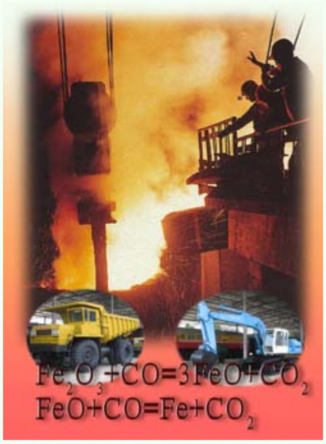






제 4 장. 산화물과 수소화합물

제 5 장. 산화환원반응





제 6 장. 화학반응과 열



교 과 서 안 내

참 고	학습에 도움이 될 여러가지 참고자료들과 상식들을 폭넓게 담고있다.	주의	화학실험이나 지식습득에서 반드시 주의를 돌려야 할 내용을 담고있다.
실험	새 지식을 이끌어내고 실험기능을 높이기 위하여 수업시간에 하는 새기기실험(또는 보이기실험)이다.	해보기	쉽게 얻을수 있는 시약이나 기구를 리용하여 자체로 해보는 과외실험이다.
발전	배운 내용에 기초하여 한계단 높은 지식을 습득하기 위한 내용을 담고있다.	탐구	지적능력을 높이기 위한 실험 및 응용문제들을 포함하고있다.
?	이미 배운 내용을 다지고 새로운 지식과의 련관을 맺어주기 위한 물음이다.	장종합	해당 장의 내용을 호상련관속에서 종합체계화하여 알기 쉽게 묶어준것이다.



원소주기법칙, 화학결합

원자의 구조
나트리움과 알카리금속
마그네시움과 흙알카리금속
염소와 할로겐
드문기체
멘델레예브원소주기법칙
이온결합
공유결합
분자의 극성
금속결합

제1장. 원소주기법칙, 화학결합

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《가장 초보적인것부터 시작하여 꾸준히 배워나아가면 나중에는 높은 리론을 가지게 될것입니다.》

화학을 깊이있게 학습하자면 가장 초보적인 지식부터 하나하나 잘 배워나가야 한다. 원자의 구조를 잘 아는것은 물질이 어떻게 이루어졌으며 그 성질이 어떠한가를 밝히는데서 중요한 기초로 된다.

이 장에서는 원자의 전자적구조와 성질사이의 관계, 원자의 전자적구조와 원소주기표사이관계, 화학결합과 물질의 구조에 대하여 학습하게 된다.

제1절. 원자의 구조

핵과 전자

원자는 핵과 전자로 이루어져있다.

원자핵은 더 작은 알갱이들인 양성자와 중성자로 되여있다.

양성자는 양전기(1+)를 띤 알갱이이며 **중성자**는 전기를 띠지 않은 알갱이이다.



그림 1-1. 원자핵과 전자의 질량비교

원자핵에서 양성자의 수를 원자핵의 전하수라고 부르며 원자번호(Z)라고도 부른다.

원자번호(Z) = 양성자의 수 = 핵의 전하수 = 전자의 수

양성자의 질량(1.6726×10^{-24}g)≈중성자의 질량(1.6748×10^{-24}g)

전자의 전하수＝양성자의 전하수

전자는 음전기(1-)를 띠고있는 알갱이이며 질량은 양성자질량의 1/1840정도밖에 안된다.

여러 물질들속에 들어있는 원자들은 양성자수에 의하여 구별할수 있다.

물질을 이루는 재료인 **화학원소**는 원자번호(양성자의 수)에 의하여 구별되는 원자들의 종이다.

실례로 원자번호가 2인 원자종은 헬리움원소이며 원자번호가 8인 원자종은 산소원소이다.

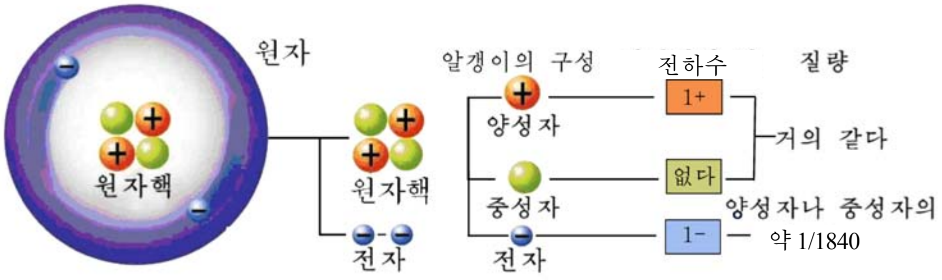


그림 1-2. 헬리움원자의 구조

동위체와 동위원소

원자들가운데는 양성자수는 같으면서 중성자수(N)가 다른 원자들이 있다.

원자안에 들어있는 양성자의 수(Z)와 중성자의 수(N)의 합을 질량수(A)라고 부른다.

$$A = Z + N$$

Z=1인 수소원자에는 질량수가 1, 2, 3인 원자들이 있고 Z=6인 탄소원자에는 질량수가 12, 13인 원자들이 있다.

원자번호(Z)는 같으면서 질량수가 다른 원자들을 동위체라고 부른다.

동위체표시: $^{A}_{Z}\mathrm{E}$ E: 원소기호

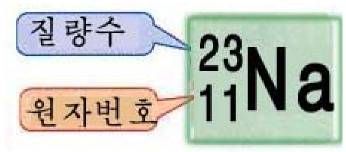


그림 1-3. 나트리움동위체

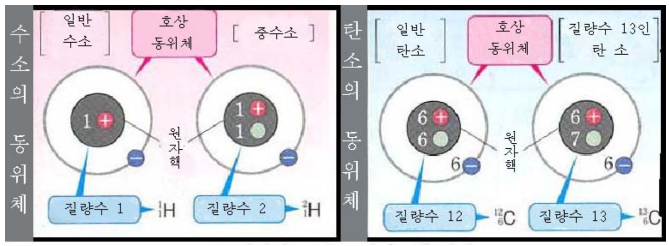


그림 1-4. 몇가지 원소들의 동위체모형

ⓘ Z=8이고 질량수가 16, 17, 18인 산소동위체에서 양성자수, 중성자수, 전자수는 얼마인가?

동위체들도 여러 물질속에 들어있다. 여러 물질속에 들어있는 원자들가운데서 원자번호도 같고 질량수에 의하여 구별되는 원자종을 동위원소라고 부른다.

화학원소는 동위원소들을 다 포함하여 나타낸다. 지금까지 알려진 화학원소의 수는 110여가지이지만 동위원소의 수는 1 700여가지나 된다. 그가운데서 자연계에 안정하게 존재하는 동위원소수는 340가지정도이다.

? 화학원소와 동위원소는 어떻게 다른가?

몇가지 동위원소 표 1-1

화학원소	원자번호	동위원소		
		질량수	기호	자연계에 있는 비률/%
수소(H)	1	1 2	$^{1}_{1}H$ $^{2}_{1}H$	99.988 5 0.011 5
탄소(C)	6	12 13	$^{12}_{6}C$ $^{13}_{6}C$	98.93 1.07
산소(O)	8	16 17 18	$^{16}_{8}O$ $^{17}_{8}O$ $^{18}_{8}O$	99.759 0.037 0.204
염소(Cl)	17	35 37	$^{35}_{17}Cl$ $^{37}_{17}Cl$	75.78 24.22
동(Cu)	29	63 65	$^{63}_{29}Cu$ $^{65}_{29}Cu$	69.1 30.9

참고

탄소동위체 $^{12}_{6}C$와 원자량

원자량은 탄소동위체 $^{12}_{6}C$의 질량의 1/12을 기준으로 잡고 그것과 비교한 원자의 상대적질량이다.

$$원자량 = \frac{원자\ 1개의\ 질량}{^{12}_{6}C의\ 질량/12} = 원자의\ 상대적질량(Ar)$$

$$^{12}_{6}C의\ 질량 = 1.9927\times10^{-23}\ g,\qquad ^{12}_{6}C의\ 질량/12 = 1.6606\times10^{-24}\ g$$

1.6606×10^{-24}g을 원자질량단위라고 부르며 기호 m_u로 나타낸다.

원자량(Ar)은 원자질량을 원자질량단위로 나눈 값이다.

$$Ar = \frac{m_a}{m_u}\quad (m_a : 원자의\ 질량)$$

자연계에서 탄소원소에 ^{12}C는 98.93% 들어있고 ^{13}C는 1.07% 들어있다. 그러므로 탄소원소의 원자량은 동위원소 $^{12}_{6}C$의 원자량 12로 되는것이 아니라 동위원소들의 원자량의 평균값으로 된다. 탄소원소의 원자량$=\frac{12\times98.93+13\times1.07}{100}=12.01$

동위원소들은 자연계에 일정한 비률로 섞여있으므로 원소의 원자량은 주어진 원소의 동위체들의 함량을 고려하여 나타낸 평균값이다. 그러므로 원자량은 옹근수로 표시되지 않는다.

원자안에서의 전자배치

전자층

전자는 원자핵을 중심으로 여러층들에서 운동하고있다.

원자안에서 운동하는 전자가 놓일수 있는 하나하나의 층을 **전자층**이라고 부른다.

원자핵으로부터 제일 가까운 전자층을 K층이라고 부르며 그 다음층들을 차례로 L층, M층, N층, O층, P층이라고 부른다.

전자배치

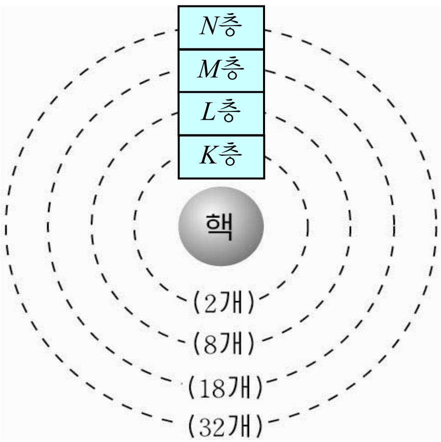
전자는 핵에 가까운 전자층에 놓일수록 에네르기가 작으며 핵으로부터 멀어질수록큰 에네르기를 가진다. 원자에서 전자들은 일정한 규칙에 따라 매 전자층에 정해진 수의 전자들이 배치되여 운동한다.

① 원자에서 전자들은 원자핵에 가까운 K층부터 차례로 배치된다.
전자층에 전자가 다 채워지면 전자는 다음 전자층에 배치된다.
실례로 $Z=3$인 Li의 경우 3개의 전자들가운데서 2개는 K층에 배치되고 나머지 1개는 L층에 배치된다.

② 원자에서 최외전자층의 전자수는 8을 넘지 않는다.

례: ${}_{10}Ne$: $K-2$, $L-8$
${}_{11}Na$: $K-2$, $L-8$, $M-1$
${}_{18}Ar$: $K-2$, $L-8$, $M-8$

ⓘ ${}_{36}Kr$의 전자배치는 어떠한가?



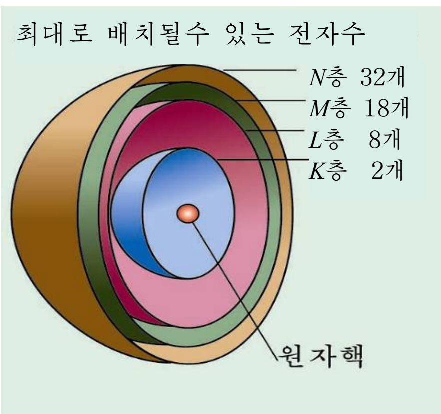
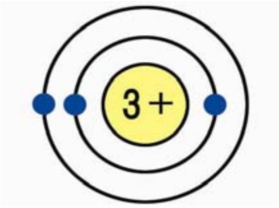
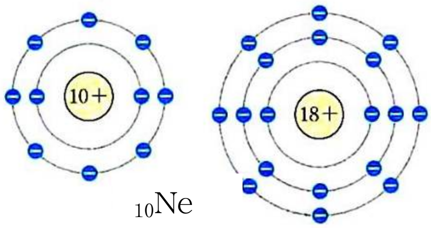


그림 1-5. 원자의 전자층모형



$_{3}$Li

그림 1-6. 리티움의 전자배치



$_{10}$Ne $_{18}$Ar

그림 1-7. 네온, 아르곤의 전자배치

몇가지 원소의 전자배치 표 1-2

원자번호 (Z)	원소이름	원소기호	전자배치 K L M N	원자번호 (Z)	원소이름	원소기호	전자배치 K L M N
1	수소	H	1	11	나트리움	Na	2 8 1
2	헬리움	He	2	12	마그네시움	Mg	2 8 2
3	리티움	Li	2 1	13	알루미니움	Al	2 8 3
4	베릴리움	Be	2 2	14	규소	Si	2 8 4
5	붕소	B	2 3	15	린	P	2 8 5
6	탄소	C	2 4	16	류황	S	2 8 6
7	질소	N	2 5	17	염소	Cl	2 8 7
8	산소	O	2 6	18	아르곤	Ar	2 8 8
9	불소	F	2 7	19	칼리움	K	2 8 8 1
10	네온	Ne	2 8	20	칼시움	Ca	2 8 8 2

원소의 성질과 전자배치사이의 관계

원소의 성질은 최외전자층의 전자수에 많이 관계된다.

원소의 원자들가운데서 최외전자층에 8개의 전자를 가진 원자가 가장 안정하다.

$_{10}$Ne이나 $_{18}$Ar에서처럼 최외전자층에 전자가 8개 배치된 전자층을 **다찬전자층**이라고 부른다. $_{2}$He의 경우는 2개의 전자가 있지만 이것도 다찬전자층이므로 안정한 전자배치이다. 모든 원자들은 안정한 전자배치를 가지려 한다.

례: $_{3}$Li의 전자배치: $K-2$, $\underline{L-1}$

한개의 전자를 내놓으면 안정한 다찬전자층배치로 된다.

$_{9}$F의 전자배치: $K-2$, $\underline{L-7}$

한개의 전자를 받으면 안정한 다찬전자층배치로 된다.

원소의 원자가 전자를 내주고 양이온으로 되려는 성질을 **전기적양성**이라고 부르며 이런 원소들을 **양성원소**라고 부른다.

례: Na, K, Ca, Mg, Al: 최외전자층의 전자수 1~3개

원소의 원자가 전자를 받아서 음이온으로 되려는 성질을 **전기적음성**이라고 부르며 이런 원소들을 **음성원소**라고 부른다.

례: N, S, F, O, Cl: 최외전자층의 전자수 5~7개

서로 다른 원자들에서 최외전자층의 전자수가 같으면 그 원소의 화학성질도 비슷하다.

최외전자층의 전자수는 화합물들에서 그 원소가 가지는 최대산화수와 같다.

(?) 표 1-2에서 화학성질이 비슷한 원소들을 찾아볼수 있는가?

문 제

1. 산소동위체와 수소동위체에 기초하여 가능한 물분자의 종류를 찾아보아라.

2. 질량수가 14인 질소동위체 $^{14}_{7}N$에 대하여 다음 물음에 대답하여라.

ㄱ) 원자번호, 양성자수, 중성자수, 전자수는 각각 얼마인가?

ㄴ) 질량수 14를 질소원소의 원자량이라고 말할수 있는가?

ㄷ) 원자번호 7은 이 동위체가 모든 원자들가운데서 7번째로 무거운 원자라는것을 나타내는가?

3. $_{3}Li$과 $_{11}Na$의 전자배치에서 같은 점과 다른 점을 찾아보아라. 이 두 원소의 성질은 서로 비슷하다고 볼수 있는가?

4. 다음의 문장에서 □안에 알맞는 말을 써넣어라.

ㄱ) 원자는 더 작은 알갱이인 □과 □로 이루어져있다.

ㄴ) 원자핵의 □는 □와 같고 □와도 같다.

ㄷ) 원자가 전기적으로 중성인것은 □와 □가 같기때문이다.

5. $_{32}Ge$, $_{35}Br$, $_{54}Xe$, $_{56}Ba$의 전자배치를 하고 표 1-2에서 이 원소들과 전자배치가 비슷한 원소들을 묶어보아라.

제2절. 나트리움과 알카리금속

나트리움(Na)

우리의 일상생활은 소금과 떼여놓고 생각할수 없다.

소금($NaCl$)은 바다물에 약 2.7% 들어있으며 나트리움원소는 Na^+형태로 바다물에 존재한다.

바다물의 량이 많기때문에 나트리움원소는 거의다 바다물에 들어있다고도 말할수 있다.

그밖에 돌소금이나 기타 광물들에도 나트리움은 Na^+형태로 들어있으며 이것은 쉽게 물에 용해되여 바다로 흘러들어간다.

그러면 나트리움원소가 Na^+형태로만 존재하는것은 무엇때문인가.

$_{11}Na$의 전자배치와 성질

원자번호가 11인 나트리움원자의 전자배치는 다음과 같다.

전자층:	K	L	M
전자수:	2	8	1

나트리움원자는 최외전자층의 전자 1개를 내놓으면 안정한 8전자배치를 가지게 된다.

그러므로 최외전자층에 있는 전자 1개를 쉽게 내주려는 성질 즉 전기적양성을 가진다.

이때 양성자수와 전자수가 같은 상태로부터 전자 1개를 내면 양성자수가 1개 더 많은 상태로 되므로 1가 양이온으로 된다.

$$Na \rightarrow Na^+ + e$$

Na^+의 전자배치: K-2, L-8

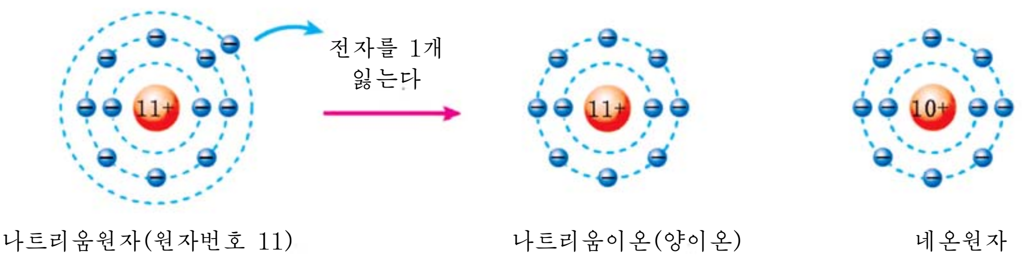


그림 1-8. 나트리움원자와 이온의 전자배치

나트리움은 전기적양성이 센 원소이다. 그러므로 자연계에 +1의 산화수를 가진 화합물상태로만 존재한다.

양성원소로 이루어진 단순물은 금속이다.

금속나트리움의 성질

금속나트리움은 나트리움원자로 이루어진 결정이다.

나트리움은 은백색의 금속윤기를 가지고있으며 손톱으로 누르면 자리가 나는 무른 금속이다.

밀도는 0.978g/㎤로서 물보다 가볍고 녹음점은 98.8℃이다.

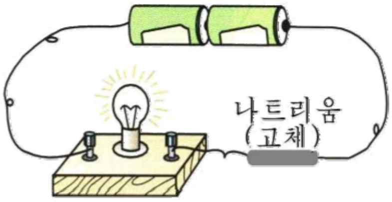
나트리움의 성질을 살펴보자.

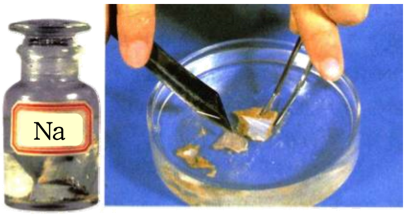
실험 나트리움의 성질

걸면을 깨끗이 한 나트리움덩어리를 유리판우의 종이우에 놓고 전지의 도선을 이것과 련결시켜 불이 오는가를 본다.

다음 나트리움덩어리를 칼로 잘라보고 자름면의 색이 어떠하며 점차 어떻게 변하는가를 본다.

쌀알만 한 나트리움쪼각을 물에 넣는다. 어떤 현상이 일어나는가?





칼로 자를 때 자름면은 공기중의 산소에 의하여 인차 흐려진다.

$$4Na + O_2 = 2Na_2O$$

금속나트리움은 조금만 열을 주어도 공기속에서 노란 불꽃을 내면서 쉽게 탄다. 이때에는 Na_2O_2이 생긴다.

$$2Na + O_2 = Na_2O_2 \text{(과산화나트리움)}$$

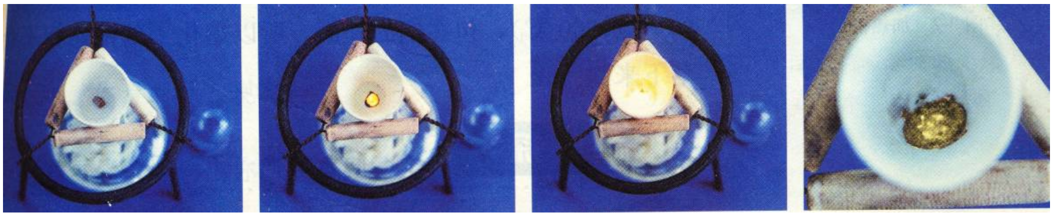


그림 1-9. 나트리움의 연소반응

(?) 나트리움이 산소와 반응하여 생긴 물질의 식이 Na_2O로 되는것을 전자배치에 기초하여 설명할수 있는가?

금속나트리움은 염소, 류황과 같은 비금속과도 직접 반응한다.

$2Na+Cl_2=2NaCl$ (그림 1-11)

$2Na+S=Na_2S$

나트리움은 물과 세차게 반응한다.(그림 1-10)

$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2\uparrow$

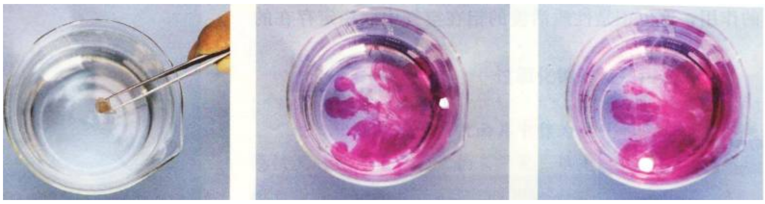


그림 1-10. 나트리움과 물과의 반응



그림 1-11. 염소속에서 나트리움의 연소

(?) 나오는 기체가 수소인가를 어떻게 알아볼수 있는가?

(?) 나트리움쪼각을 물에 넣으면 물우로 떠다닌다. 왜 그런가?

이와 같이 나트리움은 다른 물질들과 반응을 잘하는 활성이 센 금속이다.

례: 11.5g의 금속나트리움속에 들어있는 나트리움원자는 몇mol이며 물과 작용시키면 수소기체 몇mol이 생기겠는가?

풀이. 조건: $m=11.5\text{g}$

물음: $n_{\text{Na}}=?$ $n_{\text{H}_2}=?$

$$n_{\text{Na}}=\frac{m}{M}=\frac{11.5g}{23g/\text{mol}}=0.5\text{mol}$$

수소기체의 물질량은 화학방정식으로부터 쉽게 알수 있다.

$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2\uparrow$$

2mol 1mol

0.5mol n_{H_2}

$$n_{\text{H}_2}=\frac{n_{\text{Na}}}{2}=\frac{0.5\text{mol}}{2}=0.25\text{mol}$$

답. 나트리움원자 0.5mol, 수소 0.25mol

참고

배수비의 법칙

금속나트리움이 공기속에서 산화될 때에는 Na_2O가 생기고 연소될 때에는 Na_2O_2이 생긴다. 이 두 화합물에서 산소원소의 원자의 질량비는 1:2로 된다. SO_2과 SO_3인 경우에도 산소원소의 원자의 질량비는 2:3으로서 옹근수비를 이룬다.

이것을 일반화하면 다음과 같이 표현할수 있다.

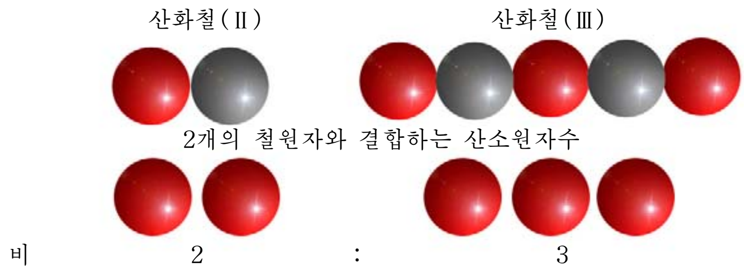
원소 A와 B가 화합하여 여러가지 화합물을 만들 때 일정한 량의 A와 화합하는 B의 질량의 비는 간단한 옹근수비로 된다.

이것을 **배수비의 법칙**이라고 부른다.

산화철(Ⅱ)과 산화철(Ⅲ)에서 산소원자의 질량비

산화물속에 들어있는 철의 질량/g	1.00	2.00	3.00	산소원자의 질량비
FeO에서 산소의 질량/g	0.285	0.570	0.855	2
Fe_2O_3에서 산소의 질량/g	0.428	0.855	1.283	3

산화철에서 산소원자수의 비



금속나트리움은 공기속에서 산소와 반응하고 공기속의 물기와도 반응하므로 석유속에 넣어 보관한다.

금속나트리움은 이렇게 활성이 센 물질이므로 보통방법으로는 만들수 없고 소금이나 가성소다를 녹여 전기분해하는 방법으로 만든다. 금속나트리움은 녹음점이 낮고 열전도성이 좋기때문에 원자력발전소들에서 열을 나르는 물질로 리용한다.

알카리금속

리티움(Li), 나트리움(Na), 칼리움(K), 루비디움(Rb), 세시움(Cs), 프란시움(Fr)과 같은 원소들을 통털어 알카리금속원소라고 부른다.

《알카리》라는 이름은 이 원소들이 만드는 수산화물(례: NaOH, KOH)이 물에 잘 용해된다는데서 나왔다.

그러면 이 금속원소들의 성질이 비슷한것은 무엇때문이겠는가.

알카리금속원소의 전자배치와 성질

알카리금속원소의 성질이 서로 비슷한것은 전자배치와 관련되여있다.(표 1-3)

알카리금속원자들의 전자배치 표 1-3

전자층 / 원자	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*
$_{3}Li$	2	1				
$_{11}Na$	2	8	1			
$_{19}K$	2	8	8	1		
$_{37}Rb$	2	8	18	8	1	
$_{55}Cs$	2	8	18	18	8	1

알카리금속원자들은 최외전자층에 전자 1개를 가지고있으므로 이 전자를 내놓고 안정한 8전자배치를 가지려고 한다.

알카리금속을 M으로 표시하면 양이온이 생기는 과정은 다음과 같다.

$$M \rightarrow M^{+} + e$$

알카리금속원소들은 모든 화합물에서 +1의 산화수만을 가진다.

례: Li_2CO_3, $NaOH$, K_2CO_3, $CsCl$, KCl, KOH, Li_2O, K_2O

알카리금속원자들은 원자번호가 커짐에 따라 전자층이 하나씩 늘어나며 그에 따라 원자핵으로부터 최외전자층까지의 거리 즉 원자반경이 커진다.

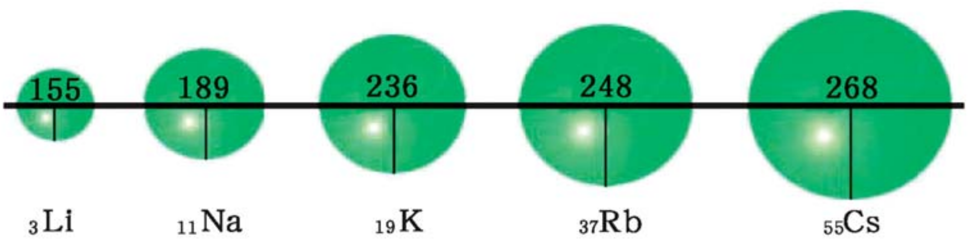


그림 1-12. 알카리금속원소의 원자반경(단위 pm)(1pm=10^{-12}m)

원자반경이 커질수록 원자핵이 최외전자층의 전자를 끌어당기는 힘이 약해진다.

그러므로 알카리금속원자들은 전자층이 많아질수록 전자를 내주기가 보다 쉬워진다. 다시말하면 원자번호차례로 전기적양성이 세진다.

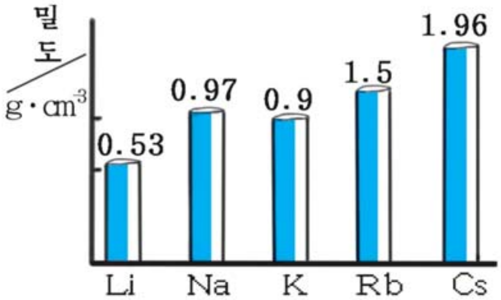


그림 1-13. 알카리금속의 밀도

알카리금속의 성질

알카리금속은 모두 은백색의 고체이며 Cs만은 노란색을 띤다. 원자번호가 커짐에 따라 알카리금속의 밀도는 커진다.(그림 1-13)

알카리금속의 밀도가 원자반경이 커지는데 따라 작아지지 않고 커지는것은 원자량이 원자번호차례로 커지는것과 관련된다.

알카리금속의 녹음점은 낮으며 원자번호가 커감에 따라 낮아진다.(표 1-4)

알카리금속의 녹음점 표 1-4

금 속	Li	Na	K	Rb	Cs
녹음점/℃	179	98	63	39	29

알카리금속들은 금속나트리움처럼 여러가지 물질들과 잘 반응하지만 활성은 서로 차이난다. 리티움의 활성은 나트리움보다 약하지만 칼리움은 나트리움보다 크며 원자번호가 커감에 따라 알카리금속의 활성은 점점 커진다.

알카리금속과 물과의 반응을 보면 리티움은 세차게 반응하고 나트리움은 불이 붙으면서 맹렬히 반응하며 칼리움은 폭발적으로 반응한다.(그림 1-14)

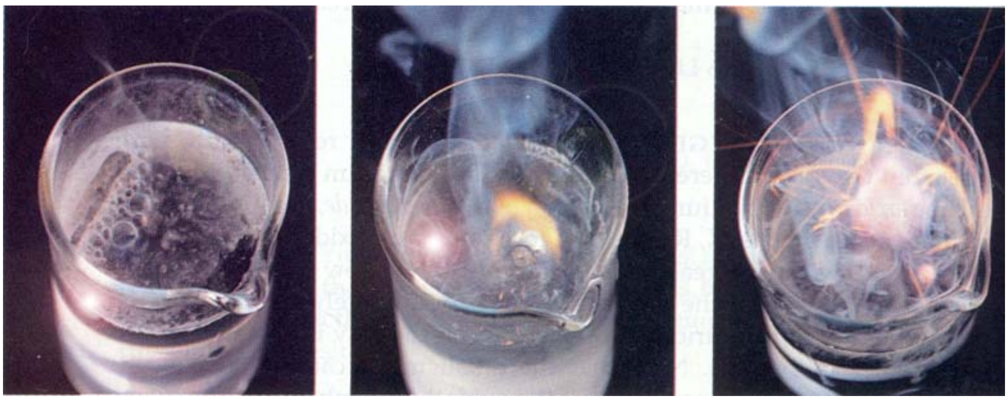

리티움 나트리움 칼리움

그림 1-14. 알카리금속의 반응성비교

원자번호가 커짐에 따라 원소들의 전기적양성이 커지는것처럼 금속들의 활성도 이 차례로 커진다.

ⓘ 금속칼리움과 산소, 염소, 류황과의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

알카리금속들은 쓰이는데가 많다.

금속리티움은 전지를 만드는데와 가벼운 합금을 만드는데 쓰인다.

나트리움등은 누런빛을 내는데 그 빛은 안개를 뚫고나가는 능력이 크므로 멀리까지 비친다.

칼리움은 나트리움과 마찬가지로 열을 나르는 물질로 쓰이며 합금과 경질유리를 만드는데 쓰인다.

루비디움과 세시움은 빛을 쪼일 때 최외전자층의 전자가 쉽게 떨어지므로 빛전자관을 만드는데 쓰인다.

참고 알카리금속원소의 발견자 데이비

칼리움, 나트리움, 리티움은 다른 원소들에 비하여 뒤늦게 발견되였다.

이것을 발견한 사람은 영국의 화학자 데이비(1778−1829)이다. 데이비는 가난한 목공의 아들로 태여나 공부를 제대로 하지 못하였다. 그는 16살에 약방심부름군으로 들어가 혼자서 공부를 시작하였고 뒤이어 화학실험에서 뛰여난 재능을 파시하였다. 그리하여 23살에 왕립연구소의 교수로 되였다. 활성이 강한 칼리움, 나트리움, 리티움은 물과 세차게 반응하는 물질이므로 용액상태에서는 갈라낼수 없었다. 수많은 실험을 거듭하여 1807년에 수산화칼리움, 수산화나트리움을 용융전기분해하여 금속칼리움과 나트리움을 얻어냈으며 같은 방법으로 Mg, Ca, Sr, Ba을 얻어냈고 1818년에 리티움을 얻어냈다. 그후 도이췰란드의 화학자 분젠과 물리학자 키로히호프가 스펙트르분석방법(빛을 파장별로 갈라서 분석하는 방법)으로 온천의 약수로부터 루비디움과 세시움을 발견하였다.

문 제

1. 다음의 표현에서 틀린것을 바로 잡아라.

ㄱ) $^{23}_{11}Na$에서 23은 Na의 원자량이다.

ㄴ) 같은 질량의 알카리금속들이 반응할수 있는 물의 물질량은 같다.

2. 알카리금속이온에 속하는것을 찾아내여라.

ㄱ) 질량수=37, 중성자수=20, 전자수=18

ㄴ) 양성자수=11, 질량수= 23, 전자수=10

ㄷ) 질량수=39, 중성자수=20, 전자수=19

ㄹ) 양성자수=9,   중성자수=10,   전자수=9

3. 알카리금속들이 물과 반응할 때 서로 차이나는 현상을 설명하여라.
4. 금속나트리움에 불길을 가져다대면 불이 달린다. 부주의로 금속나트리움에 불이 달렸을 때 무엇으로 꺼야 하는가?
5. 금속리티움을 가지고 30% 수산화리티움용액 100g을 만들려고 한다. 금속리티움 몇mol을 반응시켜야 하는가? (**답** 1.25mol)

제3절. 마그네시움과 흙알카리금속

마그네시움(Mg)

마그네시움은 나트리움과 마찬가지로 자연계에 화합물상태로만 존재한다. 주요광물을 보면 마그네사이트($MgCO_3$), 고회석($CaCO_3 \cdot MgCO_3$), 활석($Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$), 돌솜 등이다.

또한 식물의 빛합성에서 중요한 역할을 하는 엽록소의 중요한 성분으로 들어있다.

그러면 마그네시움원소가 화합물상태로만 존재하는것은 무엇때문인가.

$_{12}Mg$의 전자배치와 성질

전자층:	*K*	*L*	*M*
전자수:	2	8	2

? 나트리움원자의 전자배치와 같은 점은 무엇인가?

나트리움원자의 전자배치와 다른 점은 최외전자층의 전자수가 하나 더 많은것이다.

마그네시움원자도 2개의 전자를 내놓으면 안정한 8전자배치를 가지게 된다.

$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e$

Mg^{2+}: K-2, M-8

($_{10}Ne$의 전자배치)

마그네시움원자는 나트리움보다 양성자를 하나 더 가지고있으므로 전자를 끌어당기는 힘이 더 세다. 그러므로 마그네시움원소의 전기적양성은 나트리움원소보다 약하다.

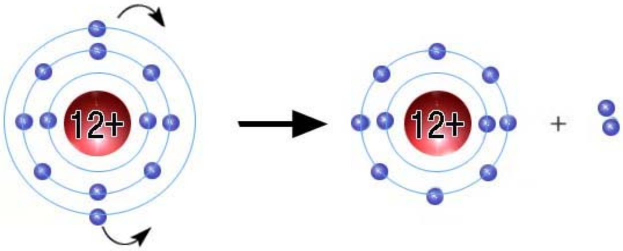


그림 1-15. 마그네시움원자와 이온의 전자배치

마그네시움원소는 모든 화합물에서 +2의 산화수를 가진다.

례: MgO, $MgCl_2$, $Mg(OH)_2$, $MgSO_4$, $MgCO_3$

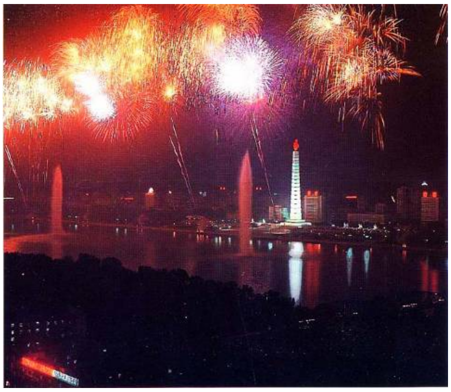
금속마그네시움의 성질

마그네시움은 은백색의 금속윤기를 가지며 금속나트리움보다 5배나 굳고 전기전도성은 나트리움보다 훨씬 좋다.

밀도는 1.74g/㎤이고 녹음점은 650℃이다. 공기속에서 산소와 작용하면 겉면이 흐려진다. 보통온도에서는 안정하지만 가열하면 매우 밝은 흰색의 빛을 내면서 연소된다.

$$2Mg+O_2 = 2MgO$$

이 성질을 리용하여 축포탄과 연막탄을 만든다.



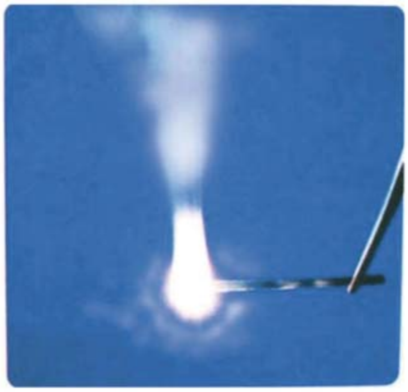


그림 1-16. 마그네시움의 연소

마그네시움댕기를 불붙여 이산화탄소가 가득찬 병속에 넣어도 계속 연소된다.

$$2Mg+CO_2=2MgO+C$$

이것은 마그네시움이 전자를 내는 능력이 크다는것을 보여준다.

축포가 터질 때 여러가지의 색은 금속 또는 금속화합물을 가열할 때 내는 색을 리용한것이다.

금속나트리움과 그 화합물은 불길을 노란색으로, 금속칼리움과 그 화합물은 불길을 붉은보라색으로 물들인다.(그림 1-17)

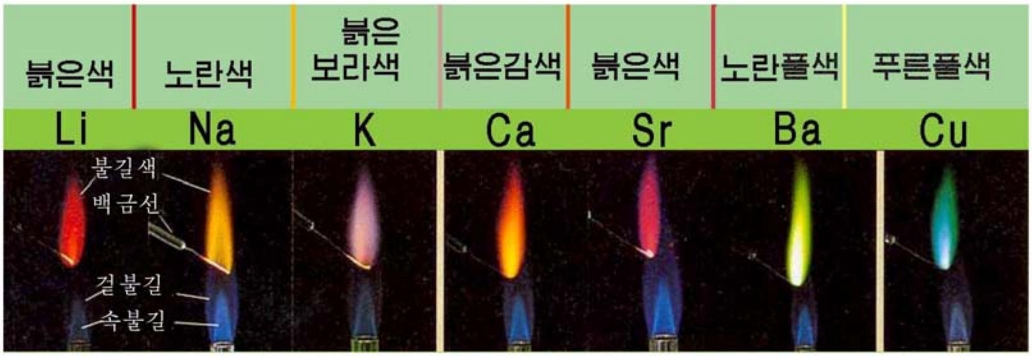


그림 1-17. 몇가지 금속의 불길색

실험 불길색 알아보기

① 깨끗한 백금선고리나 운모쪼각에 나트리움염용액을 묻혀 불길에 가져간다.

② 같은 방법으로 칼리움염용액을 묻혀 불길에 가져간다.

어떤 색으로 물들여지는가?



불길의 색으로 원소를 가려보는 방법을 **불길색반응**이라고 부른다.

마그네시움은 염소, 류황과 같은 비금속과도 가열하면 세차게 반응한다.

$$Mg + Cl_2 = MgCl_2$$
$$Mg + S = MgS$$

금속마그네시움은 보통온도에서 물과 반응하지 않지만 가열하면 반응하여 수소를 내보낸다.

$$Mg + 2H_2O \overset{가열}{=} Mg(OH)_2 + H_2\uparrow$$

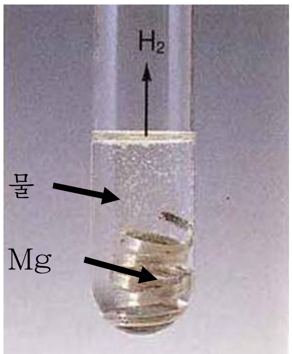


그림 1-18. 마그네시움과 물과의 반응

흙알카리금속

칼시움(Ca), 스트론티움(Sr), 바리움(Ba)을 **흙알카리금속**이라고 부른다.

그 이름은 이 금속의 수산화물이 물에 잘 용해되는 알카리이고 땅껍데기의 광물을 이

루는 주요원소이며 그 단순물이 금속이라는데서 유래되였다.

이 금속원소들의 전자배치는 마그네시움원자의 전자배치와 비슷하다.(표 1-5)

흙알카리금속원소의 전자배치　　　　표 1-5

전자층 / 원소	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*
$_{20}Ca$	2	8	8	2		
$_{38}Sr$	2	8	18	8	2	
$_{56}Ba$	2	8	18	18	8	2

이 금속원소들의 최외전자층의 전자수는 다같이 2이다. 이 전자를 내놓으면 안정한 8전자배치를 가지게 된다.

$$M \rightarrow M^{2+} + 2e$$

흙알카리금속원소들은 모든 화합물들에서 산화수가 +2이다.

이 금속원자들은 전자층의 수가 많아짐에 따라 원자반경이 커진다.

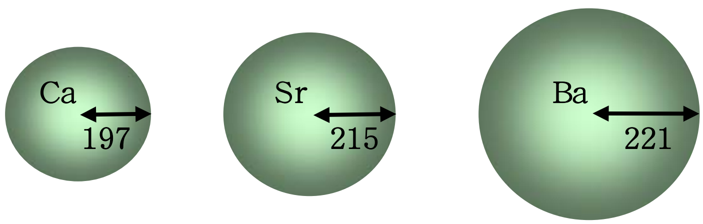


그림 1-19. 흙알카리금속원소의 원자반경/pm(1pm=10^{-12}m)

? 전자층수가 같은 알카리금속원소에 비하여 원자반경이 큰가 작은가?

흙알카리금속원소들은 전자층수가 많아질수록 전기적양성이 보다 세진다. 바리움과 스트론티움은 전자를 쉽게 내주는 성질이 있어 세시움이나 루비디움처럼 빛전자관을 만드는데 리용된다.(그림 1-20)

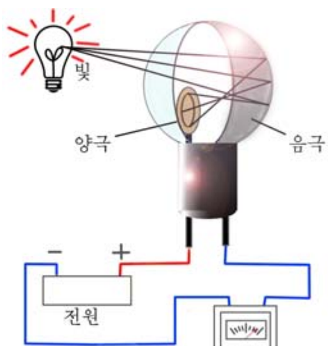


그림 1-20. 빛전자관의 작용원리

? 원소의 전기적양성을 최외전자층의 전자수만을 가지고 평가할수 있는가?

흙알카리금속들은 모두 은백색의 가벼운 금속이며 녹음점도 그리 높지 않다.

흙알카리금속의 밀도와 녹음점 　　　　　표 1-6

성질 \ 금속	Ca	Sr	Ba
밀도/g·cm^{-3}	1.53	2.63	2.59
녹음점/℃	850	770	714

흙알카리금속의 밀도와 녹음점변화는 알카리금속의 변화와 비슷하다.

흙알카리금속은 마그네시움과 달리 찬물과도 쉽게 반응하여 수소기체를 내보낸다.

$$Ca+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2\uparrow$$
$$Ba+2H_2O=Ba(OH)_2+H_2\uparrow$$

또한 마그네시움처럼 공기속에서 가열하면 연소된다.

$$2Sr+O_2=2SrO$$
$$2Ba+O_2=2BaO$$

흙알카리금속은 뚜렷한 불길색반응을 한다.(그림 1-17)

칼시움 또는 그 염 → 붉은감색
스트론티움 또는 그 염 → 붉은색
바리움 또는 그 염 → 노란풀색

? 흙알카리금속의 화학성질을 알카리금속과 비교하고 같은 점과 다른 점을 말하여라.

문 제

1. 마그네시움원소의 전기적양성은 나트리움원소보다 약하다. 그 까닭은 무엇인가?

2. 흙알카리금속과 알카리금속의 성질을 대비해보면 어떤 공통점을 찾을수 있는가?

3. Z=12, 38인 두 금속이 있다. 이 금속을 어떻게 갈라볼수 있겠는지 그 방법을 두가지이상 말해보아라.

4. 흙알카리금속은 질소와 반응하여 두 원소로 이루어지는 화합물을 만든다.

ㄱ) 전자배치에 기초하여 칼시움과 질소가 반응하여 만드는 화합물의 화학식을 결정하여라.

ㄴ) 표준조건으로 환산하여 반응에 참가한 질소의 체적이 5.6L였다면 칼시움 몇 mol이 반응에 참가하였는가? (**답.** 0.75mol)

제4절. 염소와 할로겐

염소(Cl)

염소는 땅껍데기에 많이 있는 원소이며 질량으로 전체 원소의 0.19%를 차지한다. 자연계에서 염소는 단순물로가 아니라 나트리움과 마그네시움의 염화물형태로 바다물에 용해되여있다. 그밖에 돌소금($NaCl$), 실빈(KCl)에도 들어있다.

그러면 염소는 화합물에서 어떤 상태로 존재하겠는가.

$_{17}Cl$의 전자배치와 성질

전자층: K L M

전자수: 2 8 7

ⓘ 전자배치에서 Na과 같은 점은 무엇인가?

염소원자는 나트리움원자와 반대로 1개의 전자를 받으면 쉽게 안정한 8전자배치구조를 가지게 된다.

$Cl + e \rightarrow Cl^-$ Cl^-: K-2, L-8, M-8 ($_{18}Ar$과 같은 배치)

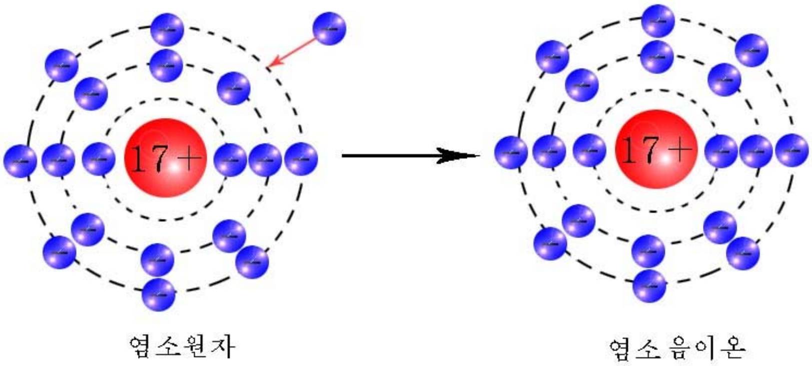


그림 1-21. 염소원자와 음이온의 전자배치

염소원소는 전자를 받아서 음이온으로 되려는 성질 즉 전기적음성을 가진다.

염소원소는 음성원소로서 자연계에 대체로 −1의 산화수를 가진 화합물로 존재한다.

ⓘ 음성원소들로는 어떤 원소들이 될수 있는가?

례: 금속칼시움이 염소와 반응하면 염화칼시움이 생긴다.

이 물질의 조성이 $CaCl_2$로 되는것은 무엇때문인가.

$_{20}Ca$: K-2, L-8, M-8, N-2

$_{17}Cl$: K-2, L-8, M-7

$Ca-2e \rightarrow Ca^{2+}$ 8전자배치구조

$Cl+e \rightarrow Cl^{-}$ 8전자배치구조

주고받은 전자수가 같아지려면 Ca:Cl=1:2 즉 $CaCl_2$로 된다.

염소(Cl_2)의 성질

염소원소의 단순물은 보통조건에서 노란풀색의 기체이며 코를 찌르는듯 한 냄새를 낸다.

화학식(분자식): Cl_2

몰질량: M=71g/mol

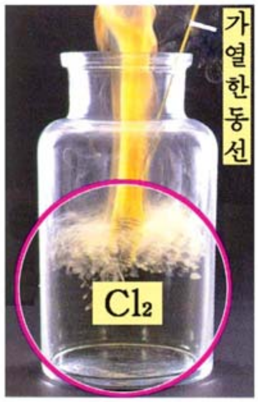


그림 1-22. 동과 염소와의 반응

염소는 보통조건에서 수소와 반응하지 않는다.

그러나 빛을 쪼이거나 열을 주면 폭발적으로 반응한다.

$$H_2+Cl_2 \overset{\text{열 또는 빛}}{=} 2HCl$$

염소는 금속들과 잘 화합한다. 염소속에 가열한 동선을 넣으면 세차게 반응한다.(그림 1-22)

$$Cu+Cl_2=CuCl_2$$

$$2Na+Cl_2=2NaCl$$

염소는 20℃에서 물 1mL에 2.2mL 용해된다. 염소가 물에 용해된 용액을 **염소수**라고 부른다. 염소수는 물을 소독하는데 리용된다.

$$Cl_2 + H_2O = \underset{\text{염화수소}}{HCl} + \underset{\text{차아염소산}}{HClO}$$

$$HClO=HCl+O(\text{원자산소})$$

생겨난 원자산소는 물속의 균을 죽이는 작용을 한다. 잉크물에 염소수를 넣으면 색이 없어진다. 또한 염소기체가 들어있는 병에 꽃을 넣으면 색이 없어진다.(그림 1-23)

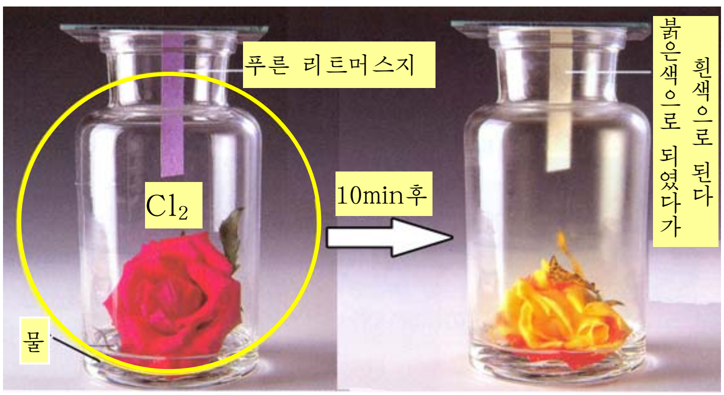


그림 1-23. 염소에 의한 꽃의 탈색

이 현상도 원자산소의 작용과 관련된다.

공업적으로 염소는 소금물을 전기분해하여 만든다.

실험실에서는 MnO_2에 염산을 작용시켜 얻는다.(그림 1-24)

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$$

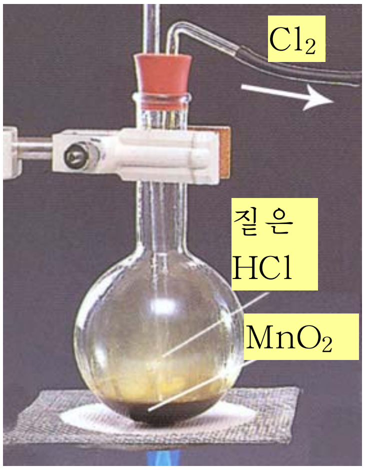


그림 1-24. 염소만들기

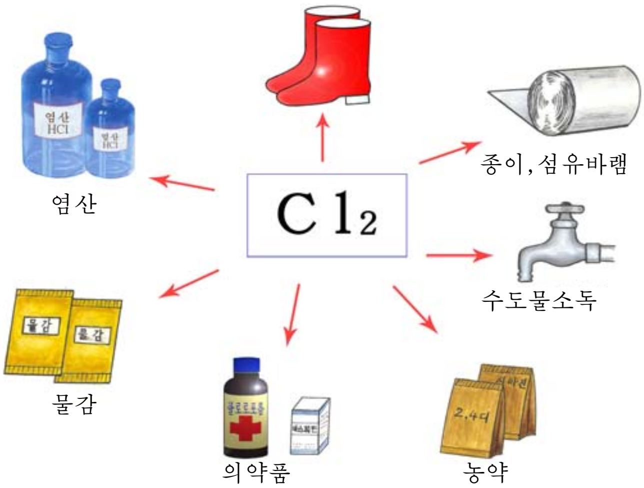


그림 1-25. 염소의 용도

염소는 여러 분야에 리용된다.(그림 1-25)

할로겐

성질이 서로 비슷한 불소(F), 염소(Cl), 브롬(Br), 요드(I), 아스타틴(At)원소들을 통털어 **할로겐**이라고 부른다.

할로겐의 성질은 전자배치와 관련되여있다.

할로겐원자의 전자배치　　　　표 1-7

원소 \ 전자층	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*
$_{9}F$	2	7				
$_{17}Cl$	2	8	7			
$_{35}Br$	2	8	18	7		
$_{53}I$	2	8	18	18	7	
$_{85}At$	2	8	18	32	18	7

할로겐은 최외전자층에 모두 7개의 전자를 가지고있다. 그러므로 전자 한개를 받으면 안정한 8전자배치를 가지게 된다.

$$X + e \rightarrow X^{-}$$　　X: 할로겐

할로겐은 모두 음성원소들이다.

할로겐은 전자를 내주기 쉬운 양성원소들과 쉽게 화합하므로 자연계에서 -1의 산화수를 가진 화합물상태로 존재한다.

? 알카리금속원소와 흙알카리금속원소의 전기적양성변화와 대비해볼 때 할로겐에서 전기적음성은 어떻게 변화되겠는가?

할로겐원자들의 원자반경은 전자층수가 많을수록 커진다.

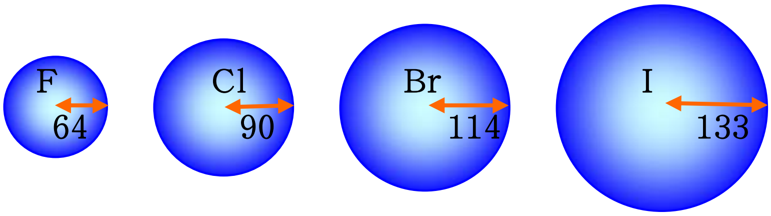


그림 1-26. 할로겐의 원자반경(pm)

할로겐단순물들은 모두 2원자분자(X_2)이며 물리성질은 다음과 같다.(표 1-8)

할로겐단순물의 물리성질 표 1-8

단순물의 이름과 화학식	보통조건에서의 모임상태	색	밀도/g·cm^{-3}	끓음점/℃
불소 F_2	기체	연한 풀색	1.08(액체)	-188
염소 Cl_2	기체	노란풀색	1.58(액체)	-34
브롬 Br_2	액체	붉은밤색	3.12(액체)	59
요드 I_2	고체	검은회색	4.94(고체)	185

(At는 방사성원소이며 자연계에서 그 량은 보잘것 없이 작다.)

? 할로겐단순물들이 모임상태가 서로 다른것을 분자량의 견지에서 설명하여라.

단순물에서 요드의 특징은 쉽게 승화되는것이다.(승화: 고체로부터 직접 기체로 되는 현상)

승화된 기체는 찬 물체와 접촉하면 고체로 전환된다.(그림 1-27)

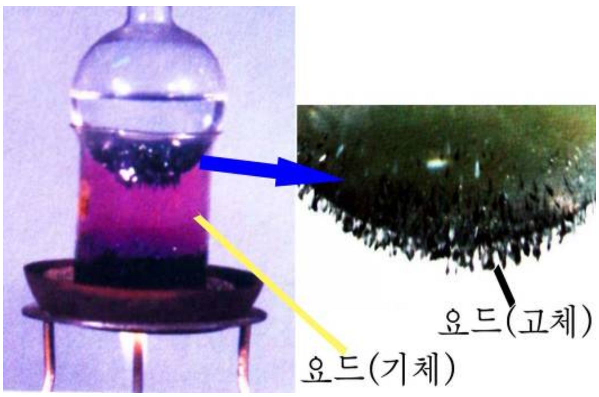


그림 1-27. 요드의 승화

할로겐단순물들의 활성을 비교해보자.

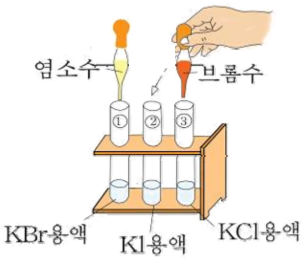


염소와 브롬의 반응성

① 시험관에 브롬화칼리움(KBr)용액을 2mL정도 넣은 다음 염소수(Cl_2)를 몇방울 떨구어넣는다. 어떤 현상이 일어나는가를 본다.

② 시험관에 염화칼리움(KCl)용액과 요드화칼리움(KI)용액을 2mL정도 넣은 다음 브롬수(Br_2)를 몇방울 떨구어넣는다.

어떤 현상이 일어나는가를 본다.



브롬화칼리움용액에 염소수를 작용시키면 불그스름한 색을 띤 브롬이 생기며 요드화칼리움용액에 브롬수를 작용시키면 검은보라색의 요드가 생긴다.

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$
$$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

이것은 Cl_2의 활성이 Br_2보다 크며 Br_2의 활성은 I_2보다 크다는것을 보여준다.

요드는 마그네시움가루와 직접 반응하지 못하고 물을 한두방울 떨구어야 반응(그림 1-28)하지만 염소는 직접 금속과도 반응한다.



그림 1-28. 마그네시움과 요드의 반응

할로겐단순물과 금속, 수소, 물과의 반응성은 불소에서 가장 세차고 요드에서 가장 약하다.

할로겐단순물의 활성차례는 $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$이다.

할로겐단순물들은 우리 생활에 널리 리용된다.

바다나물에는 요드가 많이 들어있다. 사람들은 미역을 식료품으로 리용하면서 생명활동에 필요한 요드를 섭취한다. 병원에서 외상치료약으로 요드의 알콜용액인 요드팅크를 리용한다.

불소는 센 살균작용이 있어 방부제(변질되는것을 막는 물질)로 리용한다.

문 제

1. 할로겐과 알카리금속원소들가운데서 화학반응이 보다 쉽게 일어날수 있는 원소들을 찾아서 설명하여라.
2. 다음의 변화를 화학방정식으로 나타내여라.

   $KBr \rightarrow Br_2 \rightarrow HBr$

3. 염소가 알루미니움과 반응하면 어떤 조성의 물질이 얻어지며 이 물질 1mol을 만드는데드는 염소는 표준조건에서 몇L인가? (**답**. 33.6L)
4. 이름이 붙어있지 않는 두 시약병(KCl과 KI)이 있다. 다른 한가지 물질을 리용하여 두 시약을 어떻게 갈라볼수 있겠는가?

참 고 할로겐과 그 이름의 유래

할로겐이란 말은 그리스어로 《염을 만든다.》는 뜻이다. 할로겐에서 불소는 그리스어로 《파괴자》라는 뜻을 담고있다. 1671년에 불화수소(HF, 위험한 기체)가 발견된 때로부터 여러 과학자들이 목숨을 바쳐가면서 불소를 갈라내기 위한 연구를 진행하였다. 1886년 6월에 프랑스의 무아쌍이라는 화학자가 전기분해법으로 불소를 얻는데 성공하였다. 염소는 1774년에 스웨리예화학자 쉘레가 MnO_2에 염산(HCl수용액)을 작용시켜 얻어냈다.

$$MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2\uparrow+2H_2O$$

그런데 그는 이 기체를 화합물로 잘못 생각하였기때문에 새로운 원소로 인정되지 못하고있다가 36년이 지난 1810년에 영국의 화학자 데이비가 새 원소로서 이것을 《염소》라고 이름지었다. 그리스어로 염소는 《풀색》의 의미를 담고있다. 브롬은 1826년 프랑스의 교원인 23살 난 발라르에 의하여 발견되였다. 그는 바다소금의 모액에 염소를 흘러보내여 붉은밤색의 액체물질을 얻었다. 이 물질이 냄새를 내는데 그리스어로 《역한 냄새》라는 뜻에서 《브롬》이라고 지었다.

요드는 1811년에 프랑스사람인 꾸르또아가 $NaNO_3$(질산나트리움)에 바다식물을 섞어 열주는 실험을 하던 도중 고양이가 넘어뜨린 류산병의 류산이 반응가마에 흘러들어가자 보라색기체가 피여나는것을 통해 발견하였다. 그리스어로 《보라색》이라는 뜻에서 《요드》라고 이름지었다.

제5절. 드문기체

공기속에는 산소(O_2), 질소(N_2)와 달리 원자로 자유롭게 존재하는 기체물질이 있다. 이 기체물질들은 헬리움(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar), 크립톤(Kr), 크세논(Xe)이다. 이 물질들을 통털어 **드문기체**라고 부른다.

그러면 할로겐과 달리 원자로 자유롭게 존재할수 있는것은 무엇때문인가.

그것은 드문기체원자들의 전자배치와 관련되여있다.(표 1-9)

드문기체원자들의 전자배치 표 1-9

원소 \ 전자층	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*
$_{2}He$	2					
$_{10}Ne$	2	8				
$_{18}Ar$	2	8	8			
$_{36}Kr$	2	8	18	8		
$_{54}Xe$	2	8	18	18	8	
* $_{86}R_n$	2	8	18	32	18	8

드문기체원자들은 최외전자층에 모두 8개의 전자를(헬리움만은 2) 가진 안정한 전자배치를 하고있다. 그러므로 이 원자들은 전자를 내놓지도 받아들이지도 않는다.

따라서 드문기체원소들은 전기적양성도, 전기적음성도 가지지 않는다. 그러므로 드문기체는 자연계에 단순물상태로만 존재한다.

드문기체는 공기속에 체적으로 1%정도 들어있다.

공기의 조성 표 1-10

성분	N_2	O_2	Ar	CO_2	나머지
체적조성/%	78	20.98	0.93	0.03	0.06

드문기체는 끓음점과 녹음점이 매우 낮다.

드문기체의 끓음점과 녹음점 표 1-11

물 질	He	Ne	Ar	Kr	Xe
녹음점/℃	-272	-249	-189	-157	-112
끓음점/℃	-269	-246	-186	-153	-108

ⓘ 드문기체의 끓음점과 녹음점변화에서 특징은 무엇인가?

드문기체를 두 전극이 설치된 진공상태의 유리관속에 넣고 높은 전압을 걸어주면 여러가지 아름다운 색을 낸다.

이 특성을 리용하여 밤거리를 아름답게 해주는 장식등을 만든다.

높은 전압에서
드문기체가 내는 색 표 1-12

헬리움(He)	진한 노란색
네 온(Ne)	연분홍색
아르곤(Ar)	붉은색
크립톤(Kr)	풀색
크세논(Xe)	보라색

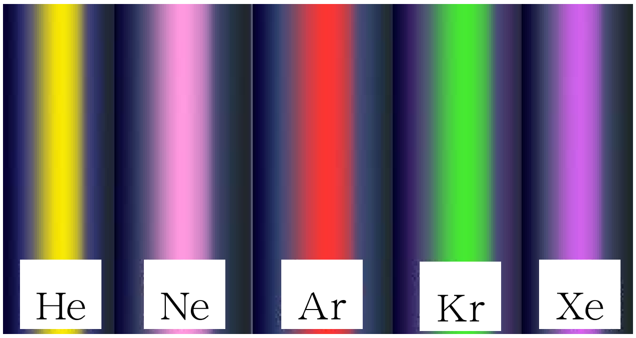


그림 1-29. 드문기체가 들어있는 방전등의 색

드문기체는 다른 물질과 반응하지 않는다. 전등에 아르곤을 넣으면 그것이 빨갛게 단 월프람선과 반응하지 않으며 월프람의 증발을 막아주므로 질소를 넣은 전등보다 더 오래 쓰게 된다.

드문기체는 물에 거의나 용해되지 않는다. 그가운데서 헬리움이 제일 적게 용해되는데 이 성질을 리용해서 잠수부들이 리용하는 호흡용공기속에 질소대신 넣어주면 피속에 풀려들어가는 질소에 의하여 생기는 호흡장애병인 잠수병을 막을수 있다.

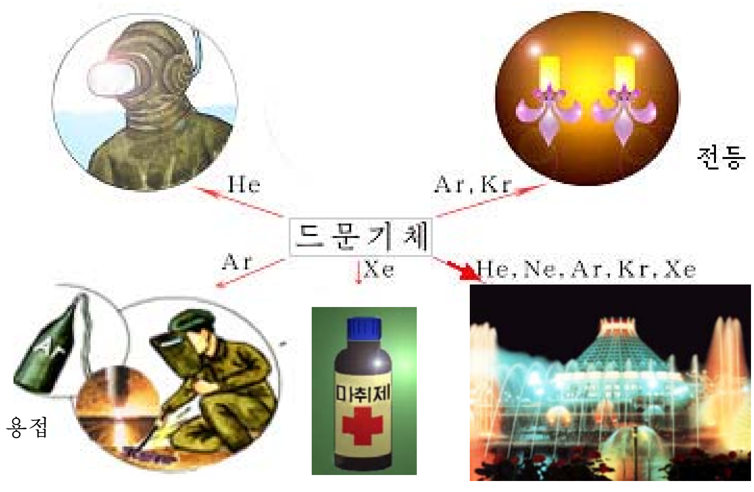


그림 1-30. 드문기체의 용도

? 용접에 아르곤을 리용하는것은 무엇때문인가?

참 고 드문기체의 발견

1785년 영국의 화학자 캐벤디쉬는 실험과정에 공기속에 산소, 질소, 탄산가스밖에 적은 량의 기체가 들어있다는것을 발견하였다.

100년이 지난 1894년에 영국의 물리학자 레이레이는 기체의 밀도를 측정하는 과정에 산소를 없앤 나머지기체(질소라고 생각한것)의 밀도는 1.257g/L인데 화합물을 분해($NH_4NO_2=N_2+2H_2O$)하여 얻은 질소의 밀도는 1.251g/L로서 차이난다는것을 발견하였다. 그는 영국의 화학자 람제이와 함께 여기에 주의를 돌리고 열을 가한 동관에 공기를 통과시켜 CuO의 생성으로 산소를 없애고 열을 준 마그네시움이 들어있는 관으로 나머지기체를 통과시켜 Mg_3N_2의 형태로 질소를 제거하였다. 그리하여 나머지기체로부터 새로운 물질을 발견하고 《활발하지 못하다》는 뜻에서 《아르곤》이라고 이름지었다. 그후 1895년에 헬리움이, 1898년에 크립톤, 네온, 크세논이, 1895년에 방사성원소인 라돈이 발견되였다. 라돈은 공기속에 없다.

※ 드문기체는 매우 안정한 물질이지만 원자번호가 큰 Xe은 불소와 여러가지 화합물을 만들수 있다.

XeF_2, XeF_4, XeF_6

문 제

1. 드문기체원자의 전자배치와 같은 이온들을 각각 3개씩 찾아 써라.

2. 공기의 조성을 체적조성과 질량조성으로 나타내여라.

3. 아르곤 5kg을 얻으려면 표준조건에서 공기 몇m^3를 처리해야 하는가?(**답**. 301.07m^3)

제6절. 멘델레예브원소주기법칙

원소주기법칙

화학원소의 성질이 원자의 전자적구조와 어떤 관계에 있는가를 밝혀주는 법칙이 원소주기법칙이다.

원소주기법칙은 화학의 전반적리해와 응용에서 대단히 중요한 의의를 가진다.

먼저 $_{3}$Li으로부터 $_{10}$Ne까지의 원소들에서 원자들의 전자배치를 살펴보자.

원자번호가 커짐에 따라 전자층수는 늘지 않고 최외전자층의 전자수만이 늘어난다.

원자번호가 커진다는것은 양성자수 즉 핵의 전하수가 많아진다는것이며 결과 최외전자층의 전자를 보다 세게 끌어당긴다. 따라서 원자번호가 커짐에 따라 원소의 전기적양성은 점차 약해지고 전기적음성은 점차적으로 세진다.

Z=3-10인 원자들의 전자배치 표 1-13

전자층 / 원자	K	L	M
$_{3}$Li	2	1	
$_{4}$Be	2	2	
$_{5}$B	2	3	
$_{6}$C	2	4	
$_{7}$N	2	5	
$_{8}$O	2	6	
$_{9}$F	2	7	
$_{10}$Ne	2	8	

$_{10}$Ne에서는 L층이 다 채워지며 결과 전기적양성도 전기적음성도 나타내지 않는다.

? Z=3-10인 원소들에서 원자반경은 어떻게 변화되겠는가?

$_{11}$Na으로부터 $_{18}$Ar에서는 원자번호가 커짐에 따라 M층을 채운다.(표 1-14)

여기서 $_{11}$Na은 전기적양성이 제일 세며 $_{17}$Cl은 전기적음성이 제일 세다. $_{18}$Ar에서는 전기적양성도 전기적음성도 나타내지 않는다. 이와 같이 원자번호가 커감에 따라 전자배치는 규칙적으로 변하며 그에 따라 전기적양성으로부터 전기적음성으로의 변화가 되풀이된다.(그림 1-31)

Z=11-18인 원자들의 전자배치 표 1-14

전자층 / 원자	K	L	M
$_{11}$Na	2	8	1
$_{12}$Mg	2	8	2
$_{13}$Al	2	8	3
$_{14}$Si	2	8	4
$_{15}$P	2	8	5
$_{16}$S	2	8	6
$_{17}$Cl	2	8	7
$_{18}$Ar	2	8	8

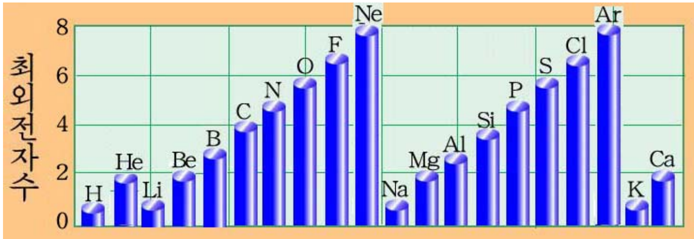


그림 1-31. 최외전자층전자수의 주기적인 변화

원자번호가 커감에 따라 화학원소의 성질은 규칙적으로, 주기적으로 변한다. 이것을 멘델레예브원소주기법칙이라고 부른다.

참 고 멘델레예브와 주기법칙

로씨야의 화학자인 데.이.멘델레예브(1834—1907)는 1869년에 그때까지 알려진 60여가지의 화학원소들을 원자량이 커지는 차례로 배렬하였을 때 원소의 성질에서 주기적인 변화가 나타난다는것을 발견하고 주기법칙을 세상에 내놓았다. 그는 주기법칙에 기초하여 그때까지 알려지지 않은 원소들인 Sc, Ga, Ge의 자리를 비여놓고 그것들의 성질을 상세히 예언하였는데 그후에 그 원소들이 발견되였고 예언했던 성질들이 들어맞게 됨으로써 주기법칙이 옳다는것이 증명되였다. 그후 원자구조가 밝혀지면서 원소의 성질은 원자번호와 더 깊은 관계를 가진다는것이 확증되여 원자번호와의 관계속에서 주기법칙이 서술되게 되였다.

멘델레예브원소주기표

멘델레예브원소주기표는 원소주기법칙에 기초하여 성질이 비슷한 화학원소들을 아래우에 놓이도록 원자번호차례로 배렬하여놓은 표이다.(표 1-15)

멘델레예브원소주기표 표 1-15

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	●	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	◆	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg							
란타노이드		●	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
악티노이드		◆	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

멘델레예브원소주기표는 7개의 주기와 18개의 족으로 구성되여있다.

주기. 주기표에서 가로줄을 **주기**라고 부른다.

주기는 화학원소들을 원자번호가 커지는 차례로 배렬할 때 원자의 전자배치와 원소의 성질이 규칙적으로 변해가는 한돌기의 원소무리이다.

주기번호는 원소의 전자층의 수를 나타낸다.

주기번호 = 원소의 전자층의 수

주기에서 제1, 제2, 제3주기를 **짧은주기**, 제4, 제5, 제6, 제7주기를 **긴주기**라고 부른다. 제7주기는 미완성주기이다.

? 주기번호가 원소의 최외전자층을 나타낸다고도 말할수 있는가?

족. 주기표에서 세로줄을 족이라고 부른다.

족은 최외전자층의 전자수가 같고 원소의 성질이 비슷한 원소들의 무리이다.

주기표에는 18개의 족이 있다. 족은 족번호를 붙여서 나타낸다.

례: 1족원소, 2족원소, 17족원소

족이름에는 족원소들의 성질, 존재와 관련하여 붙여온 이름도 있다.

례: 1족원소—알카리금속원소
17족원소—할로겐
18족원소—드문기체원소

또한 족의 첫 원소들의 이름을 따서 부르기도 한다.

례: 2족—베릴리움족원소
13족—붕소족원소
12족—아연족원소

주기표와 원자의 전자배치사이 관계

① 주기표에 표시된 원자번호(Z)는 원자안에 있는 전자들의 총수와 같다.

② 원자에서 전자층의 수는 주기번호와 같다.

례: $_{12}$Mg: K–2, L–8, M–2

전자층수 3개 : 3주기원소

③ 최외전자층의 전자수가 3이상이면 《10》을 더해서 족번호를 나타낸다.

※ 최외전자층의 전자수가 8을 넘지 못하므로 족번호는 18을 넘지 못한다.

례: $_5$B:　$K-2$,　$\underline{L-3}$

(최외전자층)　　2주기　　족번호: 3+10=13

④ 최외전자층의 전자수가 1 또는 2인 경우 아낙전자층의 전자수에 따라서 족번호를 나타낸다.

아낙전자층의 전자수가 18이고 최외전자층의 전자수가 1이면 11족, 최외전자층의 전자수가 2이면 12족으로 나타낸다.

례: $_{29}$Cu:　$K-2$,　$L-8$,　$\underline{M-18}$,　$N-1$

(아낙전자층)　　4주기　　족번호-11

아낙전자층의 전자수가 2 또는 8이고 최외전자층의 전자수가 1이면 1족으로, 최외전자층의 전자수가 2이면 2족으로 나타낸다.

$_3$Li:　$\underline{K-2}$,　$L-1$

(아낙전자층)　　2주기　　족번호-1

$_{20}$Ca:　$K-2$,　$L-8$,　$\underline{M-8}$,　$N-2$

(아낙전자층)　　4주기　　족번호-2

⑤ 주기표에서 3-10족 원소들은 최외전자층의 전자수가 (6족인 경우 1또는 2)2이며 나머지전자들은 아낙전자층에 배치된다. 아낙전자층의 전자수에서 8을 던 나머지수와 최외전자층의 전자수의 합을 족번호로 나타낸다.

례: 4주기　8족원소

K	L	M	N	
2	8	8+6	2	족번호: 6+2=8
다찬전자층		아낙전자층	최외전자층	원자번호(Z)=2+8+14+2=26 ($_{26}$Fe)

원소주기표와 원소의 성질사이관계

원소주기표와 원소의 성질사이에는 밀접한 관계가 있다.

① 같은 주기안에서 원소의 전기적양성은 원자번호가 커감에 따라 점점 약해지고 반대로 전기적음성은 점점 세진다.

이것은 전자층은 갈고 핵전하수가 커지는것과 관련된다.

② 같은 족안에서 원소의 전기적양성은 원자번호가 커감에 따라 점점 세지고 전기적음성은 점점 약해진다. 그것은 원자번호가 클수록 전자층이 많아지며 최외전자층의 전자에 대한 핵의 끌힘이 약해지기때문이다.

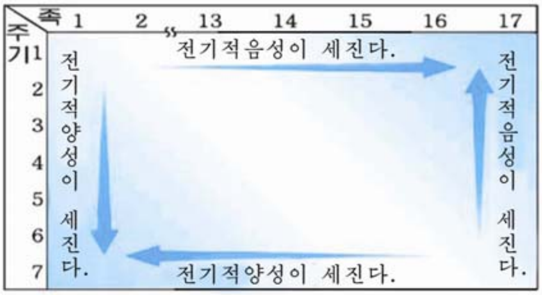


그림 1-32. 주기표에서 원소의 성질변화

ⓘ 주기표에서 베릴리움과 류황원소의 성질을 말하여라.

ⓘ 주기표에서 전기적양성이 제일 센 원소와 전기적음성이 제일 센 원소를 지적하여라.

주기표에서 금속과 비금속

단순물은 성질에 따라 금속과 비금속으로 나눈다.

매 주기에서 원자번호가 커짐에 따라 해당 원소의 단순물은 금속으로부터 비금속으로 바뀐다.

례: 3주기 원소들이 만드는 단순물

Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl_2

금속 (Na, Mg, Al) 비금속 (Si, P, S, Cl_2)

같은 족에서는 원자번호가 커짐에 따라 단순물의 비금속성은 커지고 금속성은 약해진다.

례: 탄소족원소들이 만드는 단순물

C, Si, Ge, Sn, Pb

비금속 (C, Si) 금속 (Ge, Sn, Pb)

주기표에서 금속과 비금속의 자리 표 1-16

□ 금속원소 □ 비금속원소

주기＼족	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	●	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	◎	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							

붕소와 아스타틴을 련결하는 대각선으로 자르면 금속과 비금속의 경계로 된다.

ⓘ 활성이 가장 센 금속과 비금속은 어떤 물질들인가?

문 제

1. Z=19, 20, 31인 원소의 전자배치를 나타내고 어느 원자에서 전자가 떨어지기 쉬운가를 설명하여라.

2. 원자번호가 37, 56, 33, 50, 82인 원소들의 전자배치를 하고 몇주기 몇족인가를 지적하고 최대산화수에 해당한 산화물의 화학식을 써보아라.

3. 다음의 전자배치를 보고 몇주기 몇족인가를 밝혀라. 그리고 양성원소와 음성원소를갈라보아라.

ㄱ) K—2, L—8, M—8, N—2

ㄴ) K—2, L—8, M—8+2, N—2

ㄷ) K—2, L—8, M—18, N—7,

ㄹ) K—2, L—8, M—18, N—8+5, O−2

ㅁ) K—2, L—8, M—18, N—32, O−18, P−5

ㅂ) K—2, L—8, M—5

4. X, Y 두 원소로 구성된 X_2Y_3화합물에서 X, Y원소들의 최외전자층의 전자배치는 어떠한가?

ㄱ) X:3, Y:7　　ㄴ) X:5, Y:6

ㄷ) X:3, Y:6　　ㄹ) X:2, Y:5

제7절. 이온결합

알려진 화학원소의 수는 110여가지밖에 안되지만 물질의 수는 헤아릴수 없이 많다. 그러면 이렇게 적은 가지수의 화학원소로부터 어떻게 많은 물질들이 만들어지겠는가?

원소의 원자들은 결합하여 분자를 이루기도 하고 결정을 이루기도 하면서 여러가지 물질을 만든다. 분자나 결정을 이루고있는 원자들사이의 호상작용을 **화학결합**이라고 부른다. 화학결합에는 이온결합, 공유결합, 금속결합 등이 있다.

이온결합의 형성

소금은 나트리움양이온과 염소음이온으로 이루어진 화합물이다. Na는 주기표에서 1족에 있고 Cl은 17족에 놓여있다. 이 원자들이 안정한 8전자배치를 가지려면 나트리움원자는 1개의 전자를 내고 염소원자는 1개의 전자를 받아들이면 된다.

$$\mathrm{Na}\ (K\text{—}2,\ L\text{—}8,\ M\text{—}1)\ \underline{\ \ -e\ \ }\ \mathrm{Na}^{+}(K\text{—}2,\ L\text{—}8,\ M\text{—}0)$$

$$\mathrm{Cl}\ (K\text{—}2,\ L\text{—}8,\ M\text{—}7)\ \underline{\ \ +e\ \ }\ \mathrm{Cl}^{-}(K\text{—}2,\ L\text{—}8,\ M\text{—}8)$$

이렇게 생긴 Na^{+}와 Cl^{-}는 전기적으로 끌어당겨 서로 결합한다.

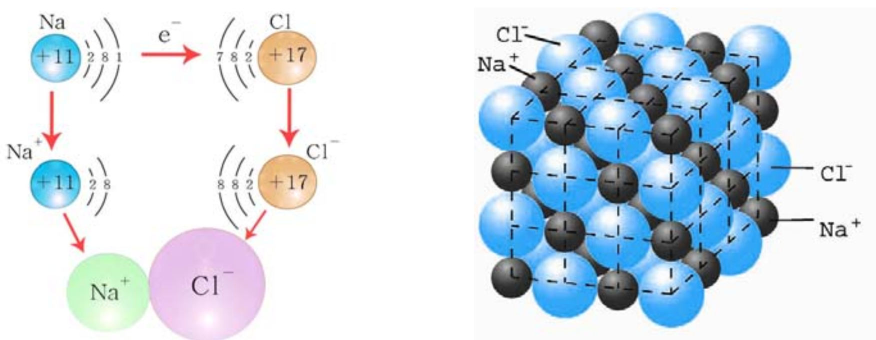


그림 1-33. 이온결합의 형성

$$\dot{\mathrm{Na}} + :\ddot{\underset{..}{\mathrm{Cl}}}: \rightarrow [\mathrm{Na}]^{+} + [:\ddot{\underset{..}{\mathrm{Cl}}}:]^{-} \rightarrow [\mathrm{Na}]^{+}[:\ddot{\underset{..}{\mathrm{Cl}}}:]^{-}$$

최외전자층의 전자만을 점으로 표시한 원소기호를 **점전자기호**라고 부른다.

양이온과 음이온사이의 정전기적끌힘으로 이루어지는 화학결합을 **이온결합**이라고 부른다.

례: CaF_2이 이루어지는 과정을 점전자식으로 나타내여라.

Ca: Z=20　(4주기 2족)
F:　Z=9　(2주기 17족)

$$\text{Ca}\ (K-2,\ L-8,\ M-8,\ N-2) \xrightarrow{-2e} \text{Ca}^{2+}(K-2,\ L-8,\ M-8)$$

$$\text{F}\ \ (K-2,\ L-7) \xrightarrow{+e} \text{F}^{-}\ (K-2,\ L-8)$$

칼시움원자 1개가 2개의 전자를 내놓으므로 2개의 불소원자가 있어야 그 전자를 다 받을수 있다.

$$\cdot\dot{\text{Ca}} + 2\cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\text{F}}}: \rightarrow [\text{Ca}]^{2+} + 2[:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\text{F}}}:]^{-} \rightarrow [:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\text{F}}}:]^{-}[\text{Ca}]^{2+}[:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{\text{F}}}:]^{-}$$

이온결합은 전기적양성이 센 양성원소의 원자와 전기적음성이 센 음성원소의 원자들사이에서 일어난다.

참 고　　**이온화에네르기와 전자친화력**

원자로부터 전자는 저절로 떨어지지 않는다.

원자(이온)로부터 전자 한개를 떼는데 드는 에네르기를 **이온화에네르기**라고 부른다.

이온화에네르기는 원자(이온) 1mol에 해당되는 값으로서 kJ/mol로 나타낸다.

이온화에네르기는 원자에서 전자층수가 많아질수록 작아지며 같은 전자층구조를 가질 때에는 최외전자층의 전자수(핵전하수)가 많을수록 커진다.

염소원자가 음이온으로 되는것처럼 원자가 전자를 한개 받아들일 때 내는 에네르기를 **전자친화력**이라고 부른다. 원자반경이 작을수록, 최외전자층의 전자수가 많을수록 이 값은 크다. 이 값도 kJ/mol로 나타낸다.

이온결정

이온들사이의 전기적끌힘은 어느 한쪽으로만 미치지 않으며 모든 방향으로 다 미친다. 그리하여 소금에서는 Na^+둘레에 음이온인 Cl^-가 둘러싸여있고 Cl^-둘레에는 Na^+가 둘러싸여있다.(그림 1-34)

그리하여 양이온과 음이온이 규칙적으로 배렬된 결정이 이루어진다.

이온결합으로 이루어진 결정을 **이온결정**이라고 부른다.



그림 1-34. 소금결정

이온결합으로 이루어진 물질들은 어떤 성질을 가지는가.

서로 반대부호의 이온들이 전기적끌힘으로 이루어진 결정은 밖으로부터 힘을 주거나 열을 주어도 쉽게 흩어지지 않는다. 그러므로 이온결합으로 이루어진 물질들은 녹음점이 비교적 높다.(그림 1-35)

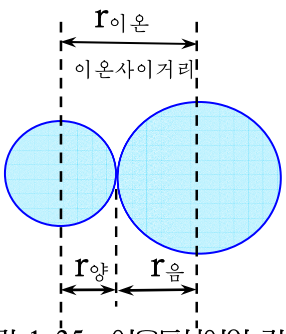


그림 1-35. 이온들사이의 거리

이온결정에서 두 이온사이의 거리와 녹음점 표 1-17

결정	NaF	NaCl	NaBr	NaI	BeO	MgO	CaO	SrO	BaO
이온들사이거리/pm	230	278	293	313	165	210	240	257	277
녹음점/℃	988	801	740	660	2 580	2 850	2 614	2 430	1 923

이온결정은 굳고 때리면 쉽게 부스러진다.

그것은 결정이 힘을 받아 움직일 때 같은 부호의 알갱이들이 서로 맞서는것과 관련된다.

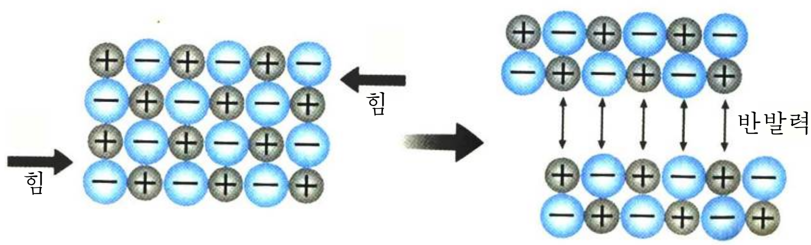


그림 1-36. 이온결정에서 부스러짐

이온결정은 고체상태에서는 전기를 흘러보내지 않지만 녹은 상태와 수용액에서는 전기를 흘러보낸다. 이것은 고체상태에서는 이온들이 자유롭게 움직일수 없는것과 관련된다. 이온결정들은 물에 잘 용해되며 유기용매에는 잘 용해되지 않는다.

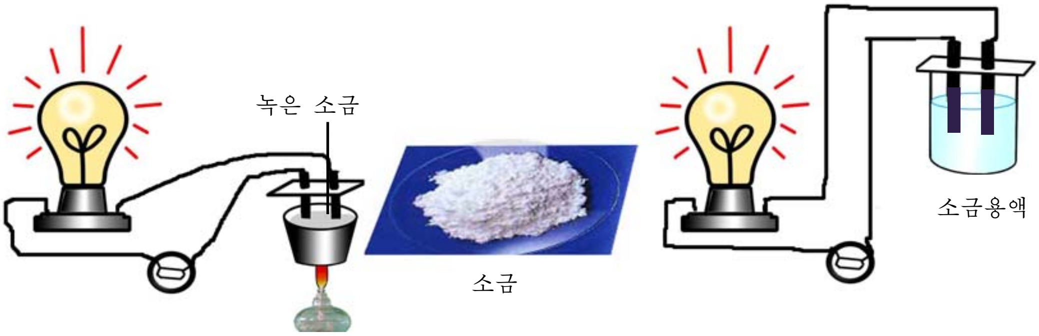


그림 1-37. 녹은 소금과 소금용액에서의 전류흐름

문 제

1. 아래의 물질들의 형성과정을 전자배치에 의하여 설명하고 점전자식으로 나타내여라.
   MgO, Na_2S, $SrCl_2$
2. CsCl과 NaCl중에서 어느 물질의 녹음점이 높은가?
3. 다음의 문장에서 □안에 알맞는 말을 써넣어라.
   ㄱ) 고체염화나트리움은 □이며 결정에서 매 나트리움이온둘레에는 □의 염소음이온이 있고 매 염소이온둘레에는 □의 나트리움양이온이 있다.
   나트리움이온반경은 염소음이온반경보다 □.
   ㄴ) 염화물 MCl에서 M은 제4주기에 있고 나트리움과 같은 족에 속한다. 염화물결정에서 양이온둘레에는 8개의 음이온이 있고 음이온둘레에는 □의 양이온이 있다. MCl의 점전자식은 □이다.

제8절. 공유결합

수소분자(H_2), 염소분자(Cl_2), 산소분자(O_2)들은 한가지 원소로 이루어진 물질들이다. 이 분자들에서는 소금에서와 같이 이온결합이 이루어질수 없다.

그러면 이런 분자들에서 원자들은 어떻게 결합을 이루겠는가.

공유결합의 형성

전자가 1개인 수소원자 H는 다찬전자층구조를 가진 He보다 전자 1개가 부족하다.

두 수소원자가 서로 다가들면 한개씩 가지고있는 전자로 전자쌍을 이루고 이 전자쌍을 두 수소원자핵이 공동으로 가지게 된다. 이렇게 되면 두 원자는 He과 같은 다찬전자층을 이룬다. 그리하여 2개의 수소원자는 H_2을 이룬다.

두 원자가 전자쌍을 함께 가지면서 이루어지는 결합을 **공유결합**이라고 부른다.

이때 함께 가지는 전자쌍을 **공유전자쌍**이라고 부른다.

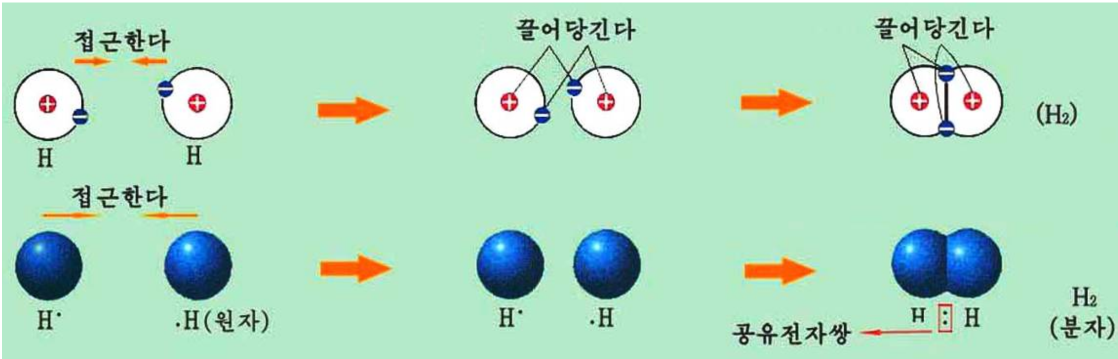


그림 1-38. 수소분자에서의 공유결합

공유전자쌍의 수는 하나만이 아니라 두개, 세개일수도 있다.(그림 1-39)

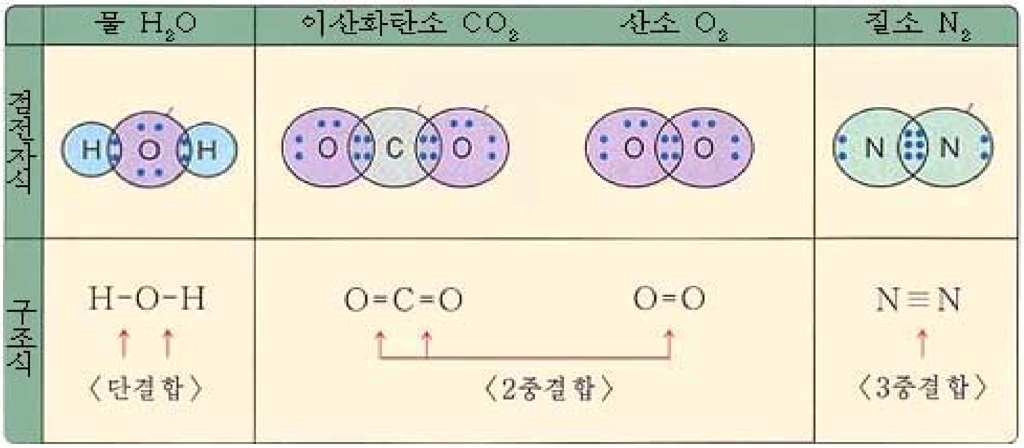


그림 1-39. 공유전자쌍의 수

공유전자쌍을 이루는데 참가하는 매 원자의 전자수를 그 원소의 **원자가**(**공유원자가**)라고 부른다.

매 원소의 원자들은 전자배치로부터 다른 원소의 원자 몇개와 결합할수 있는가 하는 원자가가 정해져있다.(표 1-18)

? 질소, 산소의 원자가는 얼마인가?

몇가지 원소의 원자가 표 1-18

족	1	14	15	16	17
점전자식	H·	·C· ·Si· (점 4개)	:N· :P·	:O· :S·	:F· :Cl·
원자가	1	4	3	2	1

5`1

공유결합으로 이루어진 물질의 구조에서 공유전자쌍 1개를 《－》로 나타낸다.

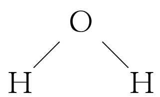
례: H:H → H — H (단결합)

O∷O → O ＝ O (2중결합)

N⋮⋮N → N ≡ N (3중결합)

선분 《－》으로 원자사이결합을 나타낸 화학식을 **구조식**이라고 부른다.

례: 물의 구조식



단결합 2개

이산화탄소의 구조식 O=C=O 2중결합 2개

구조식에서 선분의 수는 그 원소의 원자가와 같다.

례: CO_2에서 C의 원자가 4, O의 원자가 2,

H_2O에서 O의 원자가 2, H의 원자가 1

공유결합은 주로 음성원소의 원자들사이에서 이루어진다.

공유결합을 이룬 두 원자사이의 거리(핵과 핵사이거리)를 결합길이라고 부른다.

례: H—H 결합길이 74pm

C—C 결합길이 154pm

Cl—Cl 결합길이 198pm

? H_2O_2에서 H와 O의 원자가는 H_2O에서와 같다. 구조식을 써보아라.

? NH_3분자의 구조식을 써보아라.

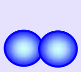
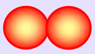
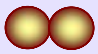
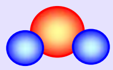
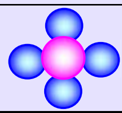
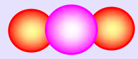
물질이름	수소	산소	질소	물	메탄	이산화탄소
분자식	H_2	O_2	N_2	H_2O	CH_4	CO_2
구조식	H−H	O=O	N≡N	O H ╱ ╲ H	H H-C-H H	O=C=O
결합	단결합	2중결합	3중결합	단결합	단결합	2중결합
분자의 구조모형						

그림 1-40. 공유결합으로 이루어진 물질들

원자결정

원자들이 공유결합에 의하여 규칙적으로 배렬된 결정을 **원자결정**이라고 부른다.

금강석은 대표적인 원자결정이다.

금강석에서 매 탄소원자들은 4개의 이웃탄소원자들과 공유결합을 이루고있다.

금강석은 자연계의 물질들가운데서 제일 굳으며(모오스경도 10) 녹음점은 3 550℃이다.

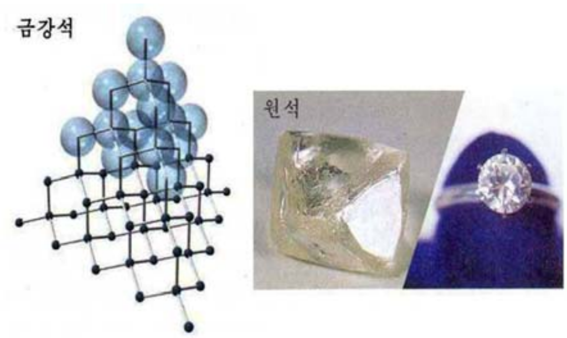


그림 1-41. 금강석결정

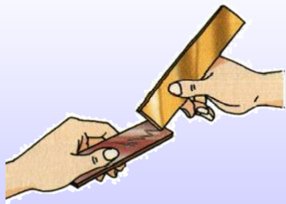
공유결합은 매우 견고하기때문에 원자결정으로 된 물질은 매우 굳고 녹음점이 높은것이 특징이다.

참 고 모오스경도

모오스경도는 굳기를 서로 비교하기 위하여 10가지 광물을 기준으로 정한 굳기의 크기이다.

활석—1, 석고—2, 방해석—3, 형석—4, 린회석—5, 장석—6, 석영—7, 황옥—8, 강옥—9, 금강석—10

비교하려는 물질을 이 광물로 그었을 때 긁히우는가를 보고 그 값사이를 나타낸다.



카보런덤(SiC), 규소(Si), 석영(SiO_2)도 금강석과 같은 구조의 원자결정을 이룬다.

원자결정의 성질 표 1-19

물질	금강석 (C)	카보런덤 (SiC)	규소 (Si)	게르마니움 (Ge)
모오스경도	10	9.5	7.0	6.0
녹음점/℃	3 550	2 700	1 410	958
결합길이/pm	154	180	235	243

ⓘ 원자결정의 성질은 결합길이가 길수록 어떻게 변하는가?

원자결정은 굳기는 하지만 금속처럼 질기지 못하고 때리면 부서진다. 그것은 공유결합이 한번 끊어지면 그 자리에 다시 이어질수 없기때문이다.

원자결정은 원자가가 큰 음성원소들로 이루어진 결정들에서 찾아볼수 있다.

ⓘ 이산화규소원자결정의 구조를 설명하여라.

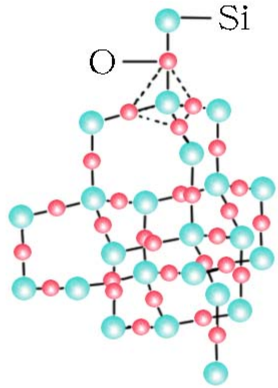


그림 1-42. 이산화규소의 구조

문 제

1. 아래의 물질들가운데서 공유결합으로 이루어진 물질을 찾아보아라.

ㄱ) NaOH ㄴ) NaCl ㄷ) HCl ㄹ) H_2S

2. X원자의 양성자수는 Y원자의 양성자수에 비하여 5개 더 많고 최외전자층의 전자수는 Y원자보다 3개 적다. X와 Y원자로 형성되는 물질의 화학식은 어떠하겠는가?

ㄱ) X_4Y ㄴ) X_2Y_2 ㄷ) X_2Y_3 ㄹ) XY_4

3. 아래의 물질들가운데서 원자결정을 찾아보아라.

ㄱ) 염화암모니움 ㄴ) 산화마그네시움

ㄷ) 마그네시움 ㄹ) 이산화규소

4. 다음 내용에서 옳은것과 틀린것을 갈라내여라.

ㄱ) 얼음을 가열하여 수증기로 만들 때 물분자의 O—H결합이 파괴된다.

ㄴ) CCl_4에서 염소원자와 탄소원자는 서로 공유결합으로 결합되여있다. 따라서 CCl_4은 원자결정이다.

ㄷ) SiO_2은 비금속산화물이다. 따라서 분자를 단위로 이루어진 분자결정이다.

ㄹ) 금강석과 규소결정은 구조가 비슷하다. 그것은 원자구조가 비슷한데 있다.

5. 아래의 물질들의 형성과정을 점전자식으로 나타내고 원자가를 지적하여라.

F_2, CO_2, N_2, CH_4, NH_3

6. S와 H원소들사이에서 이루어지는 분자의 분자식과 구조식을 쓰라.

제9절. 분자의 극성

물분자(H_2O)나 탄산가스(CO_2)분자들은 서로 다른 원자들로 공유결합을 이루고 있다. 이 분자들은 같은 원자로 구성된 H_2, O_2과 다른 특성을 가진다.

전기음성도와 결합의 극성

전자쌍을 함께 가진다는것은 두 원자핵들이 공유전자쌍을 동시에 자기쪽으로 끌어당기고있다는것이다. 전자쌍을 끌어당기는 힘의 크기는 원자마다 다르다.

원자가 전자를 끌어당기는 힘이 큰가 작은가를 나타내는 수값을 원소의 **전기음성도**라고 부른다. 전기음성도는 리티움원자가 전자를 끌어당기는 힘을 기준으로 하고 그것과 비교하여 나타낸다.(표 1-20)

몇가지 원소의 전기음성도 표 1-20

H 2.1						
Li 1.0	Be 1.5	B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0
Na 0.9	Mg 1.2	Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0
K 0.8	Ca 1.0					Br 2.8
Cs 0.7	Ba 0.9					I 2.5

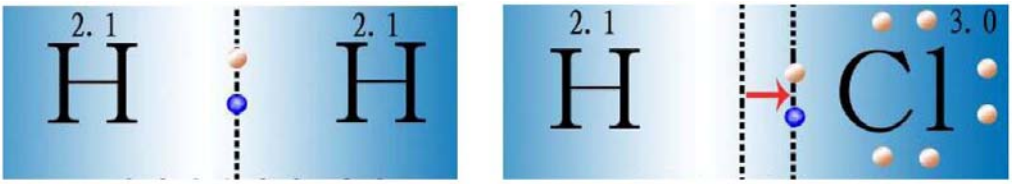
? 전기음성도는 전자배치에 따라 어떻게 변화되는가?

원소의 전기음성도값은 4(F)로부터 0.7(Cs)사이에 있다.

전기음성도가 1.8보다 작은 원소들을 양성원소, 2.1보다 큰 원소들을 음성원소로 본다.

그리고 1.8 - 2.1사이에 있는 원소들은 **량성원소**라고 부른다.

공유결합을 이루는 두 원소의 전기음성도차에 의하여 공유전자쌍은 한쪽으로 쏠리게 되며 결합은 극성을 띠게 된다.



전자쌍쏠림이 없다　　　　　　　　　　전자쌍쏠림이 있다

그림 1-43. 전자쌍쏠림

공유전자쌍이 어느 한 원자쪽으로 쏠린 공유결합을 **극성공유결합**이라고 부른다.

공유전자쌍이 어느쪽으로도 쏠리지 않은 결합을 **무극성공유결합**이라고 부른다.

같은 원자로 이루어진 공유결합 → 무극성공유결합

례: H_2, O_2, N_2

서로 다른 원자로 이루어진 공유결합 → 극성공유결합

례: HCl, HBr

일반적으로 결합을 이루고있는 두 원소의 전기음성도차가 1.7보다 크면 그 결합은 이온결합이며 그보다 작으면 극성공유결합이다.(표 1-21)

전기음성도차와 화학결합　　　　　　표 1-21

물질	화학식	전기음성도차	화학결합
산소 염소	O_2 Cl_2	0 0	무극성공유결합
염화수소 물 암모니아	HCl H_2O NH_3	0.9 1.4 0.9	극성공유결합
염화나트리움 산화칼시움	NaCl CaO	2.1 2.5	이온결합

? 물질의 화학식을 보고 물질이 분자로 되여있는가 이온결정으로 되여있는가를 가려볼수 있는가?

분자의 극성

HCl이나 HBr과 같은 2원자분자에서는 화학결합의 극성이 곧 분자의 극성으로 된다.

분자안에 +극과 −극을 가진 분자를 **극성분자**라고 부른다.

H_2O와 같이 분자안에 여러개의 결합이 있는 경우 분자의 극성은 분자구조에 따라달라진다.

물분자에서 두개의 결합은 전기음성도차로 하여 극성공유결합으로 된다. 이 두 결합이 이루는 각은 104° 5´ 으로써 분자전체로 볼 때 +극과 −극이 있게 된다.

이산화탄소 CO_2에서는 극성공유결합이 한 직선우에 대칭적으로 놓여있어 두 극의 중심이 한점에서 일치되여 무극성분자로 된다.

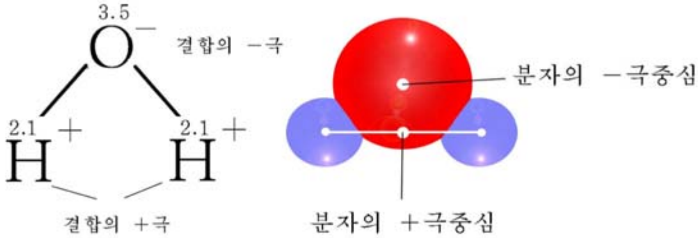


그림 1-44. 물분자의 극성

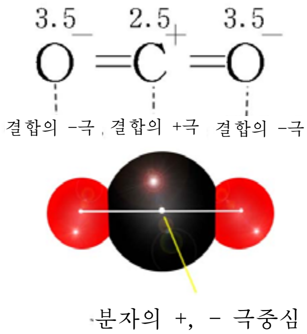
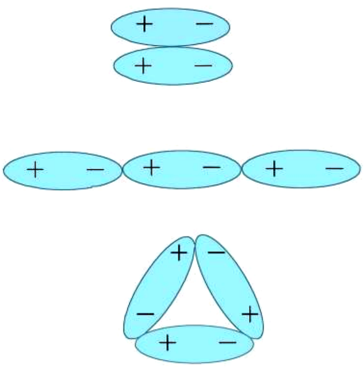
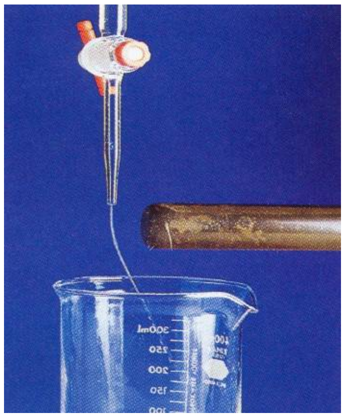


그림 1-45. 탄산가스분자의 무극성

극성분자들은 서로 모여 붙을수 있다.(그림 1-46)


그림 1-46. 물분자들의 모여붙기


그림 1-47. 쓸림받은 수지막대기 쪽으로 물줄기의 쏠림

? 짙은 염산병마개를 열 때 흰 안개가 피여난다. 무엇이 생기는가? 이 현상을 분자의 극성으로 설명할수 있는가?

극성분자들은 온도를 낮추면 쉽게 모여붙어 액체로 된다.

물분자가 극성을 띠고있는것은 어떻게 알아볼수 있는가?

흘러내리는 가는 물줄기옆에 쓸림받은 수지막대기(또는 유리막대기)를 가까이 가져간다.(그림 1-47)

Ⓟ 물줄기가 수지막대기쪽으로 쏠리는것은 무엇때문인가?

Ⓟ 메탄(CH_4)분자는 바른4면체구조를 가진다. 이 분자의 극성을 결정하여라.

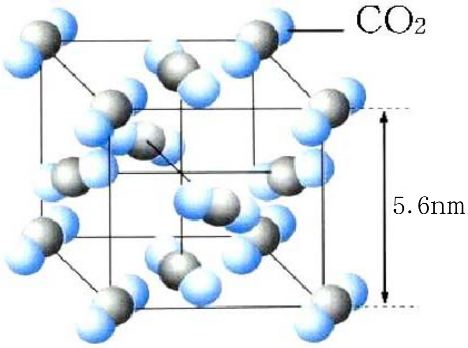
분자결정

수소, 질소, 이산화탄소와 같은 물질들은 보통조건에서 기체이다. 온도를 낮추어가면 이 물질들도 물처럼 액체, 고체로 넘어간다. 이것은 분자사이의 호상작용결과이다. 분자사이의 호상작용힘을 **반데르왈스힘**이라고 부른다.

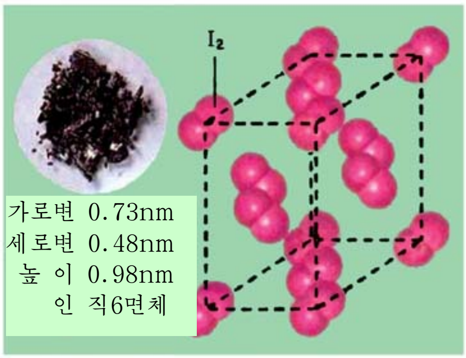
Ⓟ 모든 물질들이 액체, 고체로 존재할수 있는것은 반데르왈스힘이 있기때문이라고 말할수 있는가?

반데르왈스힘은 이온결합이나 공유결합에 비하여 매우 약하다. 반데르왈스힘으로 분자들이 규칙적으로 배렬된 결정을 **분자결정**이라고 부른다.

NH_3, H_2O, HCl, I_2, S_8(류황), P_4(흰린), CO_2, CH_3COOH(초산), $C_{10}H_8$(나프탈린) 등은 고체상태에서 모두 분자결정을 이룬다.



ㄱ) 이산화탄소



ㄴ) 요드결정

그림 1-48. 분자결정

분자결정은 쉽게 부스러지며 낮은 온도에서도 승화되는 성질이 있고 녹음점이 낮다. 분자성물질들은 분자량이 클수록 보통조건에서 고체로 존재한다.

Ⓟ 분자량이 클수록 녹음점과 끓음점이 높다. 이것을 반데르왈스힘이 크기때문이라고 볼수 있는가?

발전 분자의 극성과 쌍극자모멘트

분자안에 +극과 -극이 있는 분자를 **쌍극자**라고 부른다.

쌍극자는 크기가 같고 부호가 반대인 두 전기량이 서로 일정한 거리 (ℓ)에 놓여 있는 분자를 말한다.

화학결합의 극성과 분자의 극성정도를 평가하기 위하여 쌍극자모멘트(μ)라는 량을 쓴다.

크기가 $q \cdot \ell$이고 방향이 -쪽에서 +쪽으로 향하는 벡토르 $\mu = q \cdot \ell$를 쌍극자모멘트라고 한다.

q는 +또는 -전기량의 크기이며 ℓ는 +, -전기중심사이의 거리이다.

μ의 단위는 D(데바이)를 쓴다.

$$1D = 3.3 \cdot 10^{-30} C \cdot m$$

극성분자의 쌍극자모멘트는 0~4D이며 이온결합의 쌍극자모멘트는 4~11D이다.

분자의 쌍극자모멘트는 분자안의 모든 화학결합의 쌍극자모멘트와 비공유전자쌍(공유결합에 참가하지 않은 최외전자층의 전자)의 모멘트합성에 의하여 결정된다.

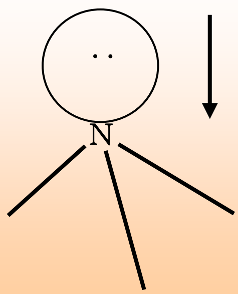
탐구 분자의 구조와 쌍극자모멘트

NH_3분자와 NF_3분자는 다같이 3각추모양의 구조를 가지며 N-H, N-F결합의 극성도 비슷하다.

질소원자에는 결합에 참가하지 않은 전자쌍이 한개 있다. 이때 비공유전자쌍의 쌍극자모멘트는 질소원자의 중심으로 향한다.

이 두 분자의 쌍극자모멘트는 크게 차이난다.

그 원인을 밝혀보아라.



문 제

1. 소금은 냄새가 없지만 나프탈린($C_{10}H_8$)은 냄새가 난다. 그 까닭은 무엇인가?
2. 할로겐단순물의 녹음점과 끓음점은 원자번호차례로 점점 커진다. 그 까닭을 설명하여라.

3. 보통조건에서 CO_2은 기체이고 SiO_2은 고체이다. SiO_2의 녹음점은 1 700℃, 끓음점은 2 000℃이지만 CO_2은 낮은 온도, 높은 압력하에서만 고체로 될수 있다. 두 화합물의 성질에서 차이나는 원인을 설명하여라.

4. BCl_3분자는 바른3각형구조를 가진다. 결합의 극성과 분자의 극성을 결정하여라.

5. 브롬수나 요드수에서 브롬과 요드를 벤졸을 써서 추출해낸다. 그것은 어떤 성질에 기초한것인가?

6. 아래의 물질들가운데서 분자결정에 속하는 화합물은 ( )이다.

ㄱ) 석영　　ㄴ) 아르곤　　ㄷ) 마른얼음　　ㄹ) 소금

제10절. 금속결합

금속은 보통조건에서 수은을 제외하고는 모두 고체이다.

금속의 특징은 열과 전기를 잘 전달하는것이며 줄로도 뽑을수 있고 판으로도 펼수 있으며 변형을 주면 본래모양으로 되돌아가려는 튐성을 가지는것이다.

그러면 금속은 어떤 결합으로 이루어졌는가.

고체소금에서 전류가 흐르지 않는것은 전기를 띤 이온들이 움직일수 없기때문이다.

금속에서 금속원자들은 몇개 안되는 최외전자를 가지고있으며 따라서 전자를 내놓으려는 성질이 있다. 움직일수 있는것은 원자로부터 떨어져나온 자유전자뿐이다.

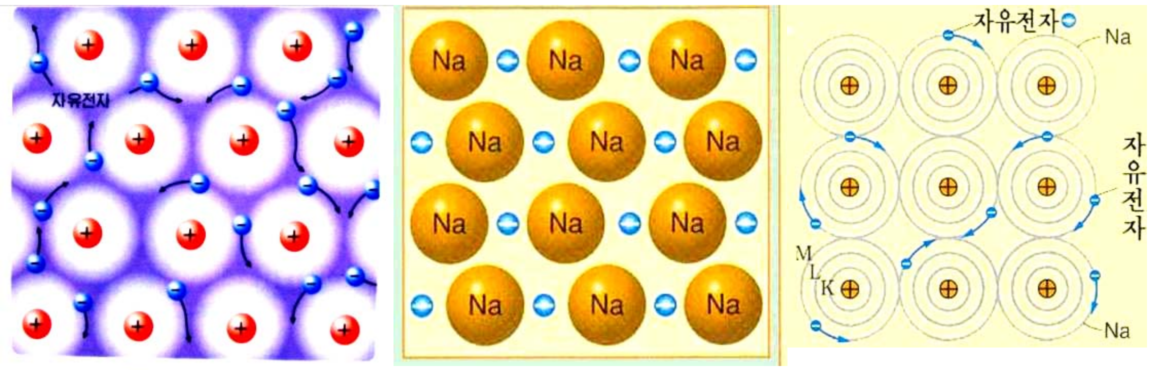


그림 1-49. 금속결합의 형성

자유전자가 떨어져나오면 원자는 양이온으로 되며 자유전자는 양이온사이를 자유롭게 움직이면서 전기적끌힘으로 양이온들이 흩어지지 못하게 한다.

자유전자에 의한 금속양이온들사이의 화학결합을 **금속결합**이라고 부른다.

금속결합은 양성원소들이 만드는 단순물들에서 이루어진다.

결정형금속은 금속결합에 의하여 금속원자들이 규칙적으로 배렬된 결정이다.

금속원자들이 규칙적으로 배렬되지 않은 금속은 무정형금속이다.(그림 1-50)

금속의 물리성질은 금속결합과 관련되여있다.

금속이 광택을 가지며 열과 전기를 잘 전달하는것은 자유전자들이 있기때문이다.(그림 1-51) 자유전자들은 빛을 대부분 반사한다. 금속에서 자유전자들의 운동은 방향성이 없다. 자유전자들은 전기마당을 걸어주면 한쪽방향으로 이동한다. 이것이 전류이다.(그림 1-52)



그림 1-50. 금속결정

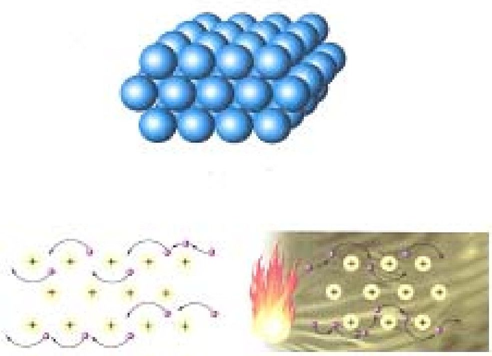


그림 1-51. 금속의 열전도

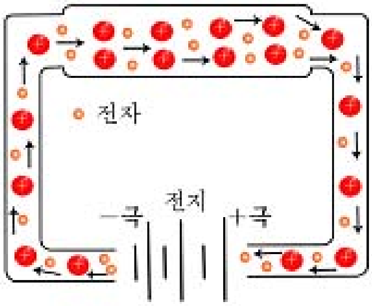


그림 1-52. 금속에서의 전류

금속의 기계적성질은 금속결합의 특성과 관련된다. 금속결정에 변형을 주어도 자유전자에 의한 금속결합은 여전히 유지된다.(그림 1-53)

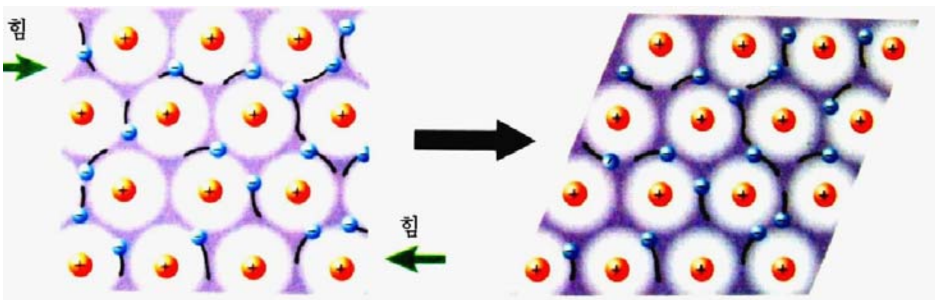


그림 1-53. 금속의 기계적변형

금속결정과 다른 결정들의 성질을 비교해보면 다음과 같다.(표 1-22)

4가지 결정류형의 성질비교 표 1-22

류형	결합 알갱이	결합형	실례	경도	녹음점, 끓음점	전도성	기계적 성질
이온 결정	양이온, 음이온	이온 결합	NaCl, KNO_3, $CaSO_4$, KOH, CaF_2, MgO	굳고 부서지기 쉽다	비교적 높다	나쁘다. 용융, 수용액에서 전도성을 가진다	나쁘다
원자 결정	원자	공유 결합	금강석, 규소, SiC, SiO_2	매우 굳다	높다	없다	나쁘다
분자 결정	분자	반데르왈스힘	I_2, P_4, S_8, H_2O, NH_3, CO_2	낮다	낮다	없다	나쁘다
금속 결정	금속, 양이온, 자유전자	금속 결합	각종 금속 및 합금	비교적 굳다	일부 금속들은 높고 일부 금속들은 낮다	좋다	좋다



철이나 동에서 원자들사이거리 결정

모든 금속단순물들은 그것의 밀도만 알면 금속원자들사이의 거리를 결정할수 있다.

준비품: 모양이 여러가지인 철이나 동쪼각(메스실린더에 들어갈수 있는것이여야 하며 지내 작지 말아야 한다.), 메스실린더, 천평

방 법: ① 메스실린더에 금속쪼각을 넣을 때 마지막눈금을 초과하지 않을 정도의 물을 넣고 정확히 기록한다.

② 금속쪼각을 넣은 후 체적을 측정한다.

③ 금속을 꺼내여 말리운 다음 천평에서 그 질량을 측정한다.

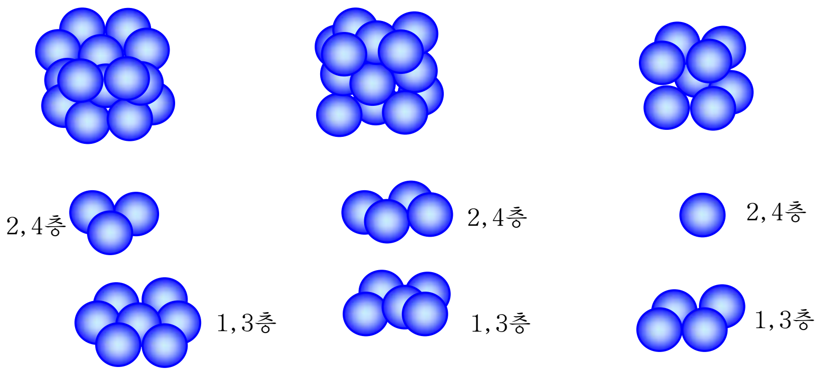
측정값으로부터 밀도를 계산하며 물질량과 그에 해당한 체적을 리용하여 원자 한개가 차지하는 체적을 결정한다. 그것으로부터 한 변의 길이를 구하면 곧 원자사이의 거리로 된다. 이 거리의 절반은 금속원자반경으로 된다.

결정한 값을 상수값과 대비해보아라.

발전

금속결정의 최밀충진구조

금속결정은 이온결정이나 원자결정과 달리 최밀충진구조를 가진다. 그러므로 금속은 일반적으로 밀도가 크다. 최밀충진구조란 원자들사이의 공간을 최대로 줄이도록 배렬하는 방식을 말한다. 최밀충진방식에는 세가지 류형이 있다.



륙방최밀충진　　면심립방최밀충진　　체심립방최밀충진

륙방최밀충진과 면심립방최밀충진에서는 공간의 74%를 원자들이 채우며 체심립방최밀충진에서는 공간의 68%를 채운다. 그러므로 체심립방최밀충진은 다른 두 충진의 경우보다 밀도가 상대적으로 작다. 알카리금속들은 모두 체심립방충진구조의 결정으로서 다른 금속들에 비하여 밀도가 작다.

면심립방최밀충진구조의 대표적금속들; Al, Pb, Cu, Ag, Au,…

륙방최밀충진구조의 대표적금속들; Be, Mg, Zn, Ca,…

문 제

1. 금속의 성질에서 금속결정과 관계되지 않는것은 ( )이다.

ㄱ) 전기전도성이 좋다. ㄴ) 반응에서 전자를 쉽게 내준다.

ㄷ) 전성, 연성이 좋다. ㄹ) 열전도성은 나쁘다.

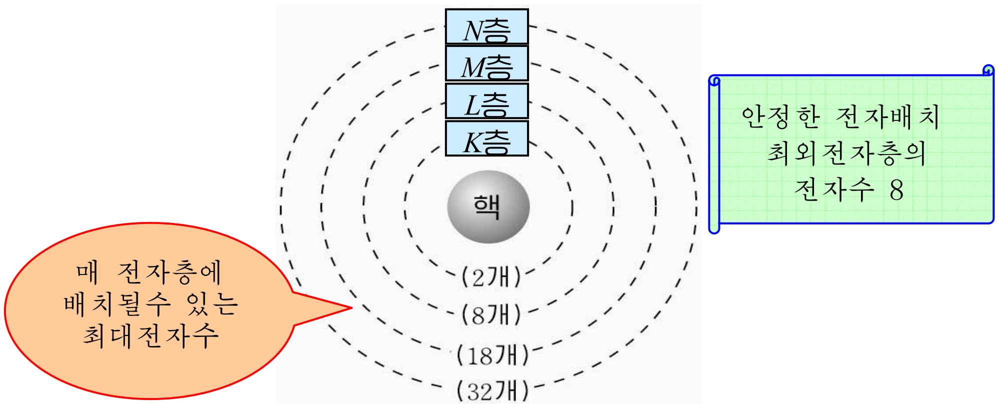
2. 금속결합, 이온결합, 공유결합은 본질에 있어서 전기적끌힘이다. 이것을 설명하여라.

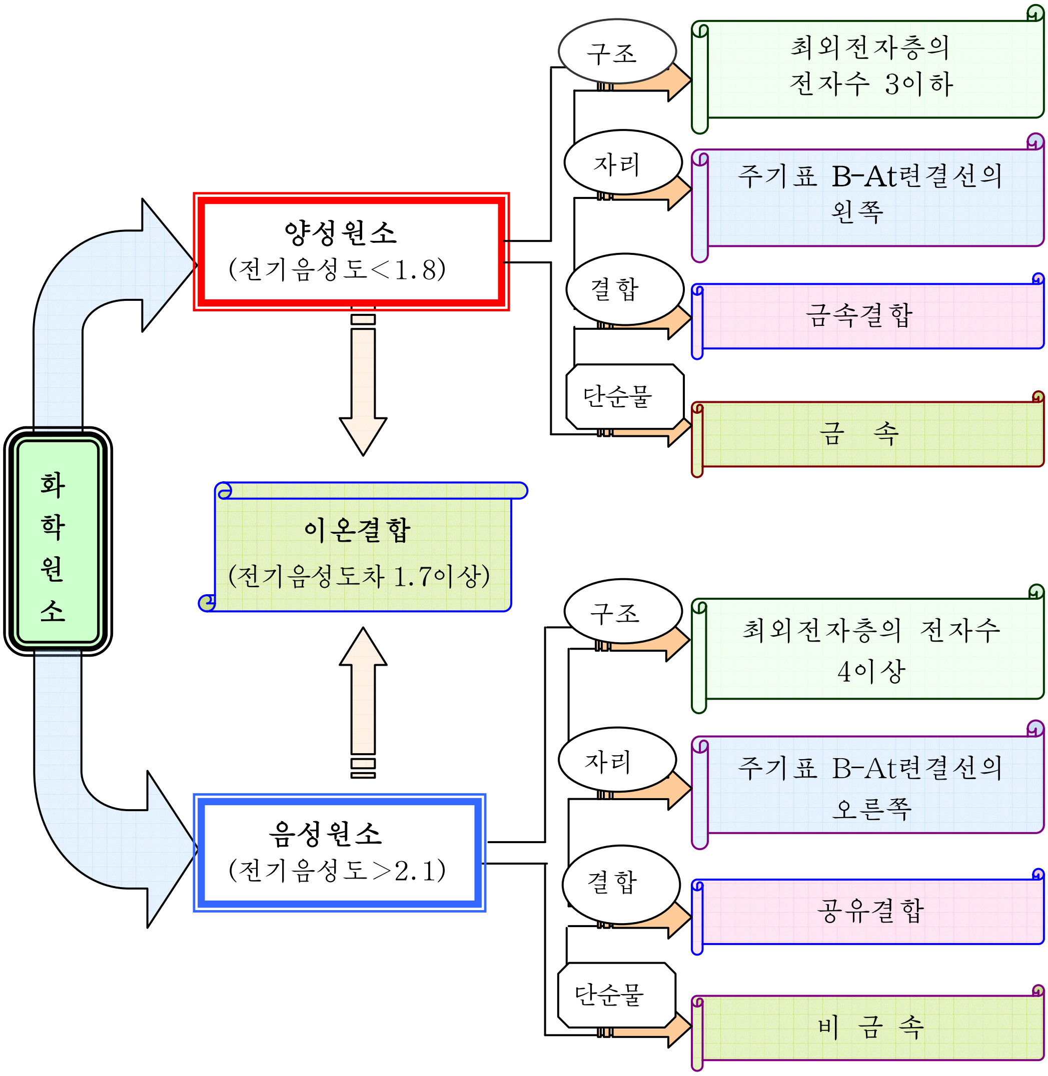
3. 이온결정, 원자결정, 분자결정, 금속결정의 구조와 성질에서 차이점을 말하여라.

4. 아래의 결정성물질들에서 녹음점이 높고 낮은 정도를 판단하여라.

$NaCl$,　Si,　NH_3,　K

장 종합


N층
M층
L층
K층
핵
(2개)
(8개)
(18개)
(32개)
매 전자층에 배치될수 있는 최대전자수
안정한 전자배치
최외전자층의
전자수 8


화학원소
양성원소
(전기음성도<1.8)
구조
최외전자층의 전자수 3이하
자리
주기표 B-At련결선의 왼쪽
결합
금속결합
단순물
금 속
이온결합
(전기음성도차 1.7이상)
음성원소
(전기음성도>2.1)
구조
최외전자층의 전자수 4이상
자리
주기표 B-At련결선의 오른쪽
결합
공유결합
단순물
비 금 속

복습문제

1. $^{16}_{8}O$에서 16은 ( )이다. 다음의 표현들에서 알맞는것을 골라 써넣어라.

ㄱ) 산소원소의 상대원자질량은 근사적으로 16이다.

ㄴ) 산소의 어느 한 동위원소의 근사적인 원자량은 16이다.

ㄷ) 산소원소의 질량수가 16이다.

ㄹ) 산소의 어느 한 동위원소의 질량수가 16이다.

2. 어떤 원자의 최외전자층의 전자수는 2이다. 아래의 물음에서 어느 원소인가를 밝혀라.

ㄱ) 2족원소 ㄴ) 금속원소

ㄷ) 비금속원소 ㄹ) 어느 류형인지 확정할수 없다.

3. 다음 표현에서 옳고 그른것을 찾고 틀린것에 대하여서는 그 리유를 밝혀라.

ㄱ) 주기표에서 주기번호는 그 주기에 놓인 원소의 최외전자층을 나타낸다.

ㄴ) 원소의 주기표에서 매개의 족은 하나의 세로줄을 차지한다.

ㄷ) 17족원소의 원자들에서 최대로 내놓을수 있는 전자수는 7이므로 최고산화수는+7이다.

ㄹ) 어떤 원소가 화합물에서 n+전하를 띠고있다면 그 원소는 반드시 (8−n)−의 전하를 띨수 있다.

4. 다음의 원소들의 주기와 족을 알고 전자배치를 하여라.

4주기 5족, 4주기 7족, 5주기 10족, 5주기 14족, 6주기 1족, 6주기 17족

5. A, B, C는 주기표에서 짧은 주기의 원소들이다. A원소는 같은 주기의 원소들가운데서 반경이 제일 크며 화합물 AB에서 양이온과 음이온의 전자배치는 같다. C원소의 원자는 B원소의 원자에 비하여 2개의 전자가 적다.

ㄱ) A, B, C원소의 기호를 써라.

ㄴ) 이 원소들이 만드는 최고산화수에 해당되는 산화물의 화학식을 써라.

6. V, W, X, Y, Z원소들에서 원자번호는 차례로 커지며 20을 넘지 않는다. 그중 X와 Z원소는 금속원소이다. V와 Z는 같은 족에 속하며 최외전자층에 1개의 전자가 있다. W와 Y도 같은 족에 속하며 최외전자층의 전자수는 *K*층의 3배이다. X원자의 최외전자층의 전자수는 Y원자의 최외전자수의 절반과 같다.

① 이 원소들의 화학식을 써라.

② 이 원소들로부터 만들어질수 있는 화합물의 화학식을 써라.

7. 어떤 원소의 단순물 2.8g을 산소기체와 충분히 작용시켜 6g의 XO_2을 얻었다. X원소는 어떤 원소이며 주기표에서의 자리를 결정하여라.

8. 다음의 물질들가운데서 극성공유결합을 가진 물질과 무극성공유결합을 가진 물질을갈라내여라.

질소, 불화마그네시움, 이산화탄소, 동, 물, 일산화탄소, 류화수소, 산화나트리움,삼산화류황, 메탄

9. 이온결정이 다른 결정과 본질적으로 구별되는것은 무엇인가?

ㄱ) 녹음점　ㄴ) 굳기

ㄷ) 안정성　ㄹ) 알갱이들사이의 호상작용

10. 아래의 물질들가운데서 녹음점과 끓음점이 가장 높은 물질을 찾아내여라.

KF, CO_2, H_2O, SiO_2

11. 다음의 표현에서 빈자리에 알맞는 말을 써넣어라.

ㄱ) 류황은 담황색의 결정이며 녹음점은 112.8℃, 끓음점은 444.6℃이다. 이류화탄소에 쉽게 용해된다. 이것은 □결정이다.

ㄴ) 브롬화수소에서 두 원자사이의 결합은 □이며 □분자이다.

ㄷ) 암모니아가 쉽게 액화되는것은 □이기때문이다. 물이 보통조건에서 □인것은 암모니아분자들의 □보다 크다는것을 말해준다.

12. 서로 다른 주기의 A, B, C원소가 있다. B원소의 원자는 *L*층에 4개의 전자가 있고 A원소의 2가양이온은 아르곤원자와 같은 전자구조를 가진다. C원소의 원자는 A원자보다 전자수가 3개 적다.

ㄱ) 원소기호를 나타내여라.

ㄴ) 이 원소들의 단순물이 형성하는 결정형태를 지적하여라.

ㄷ) B와 C원소가 만드는 화합물의 화학식과 결합의 극성, 분자의 극성을 지적하여라.

ㄹ) 점전자식으로 A와 C원소사이에서 이루어지는 화합물의 형성과정을 나타내여라.

13. 암모니아, 염화수소는 0℃, 0.1MPa에서 물 1L에 제가끔 702L, 442L 용해된다.

ㄱ) 두 기체가 물에 잘 용해되는 까닭은 무엇인가?

ㄴ) 이 조건에서 암모니아포화용액과 염화수소포화용액은 제가끔 몇%용액인가?

(**답.** 33.17%, 40.59%)

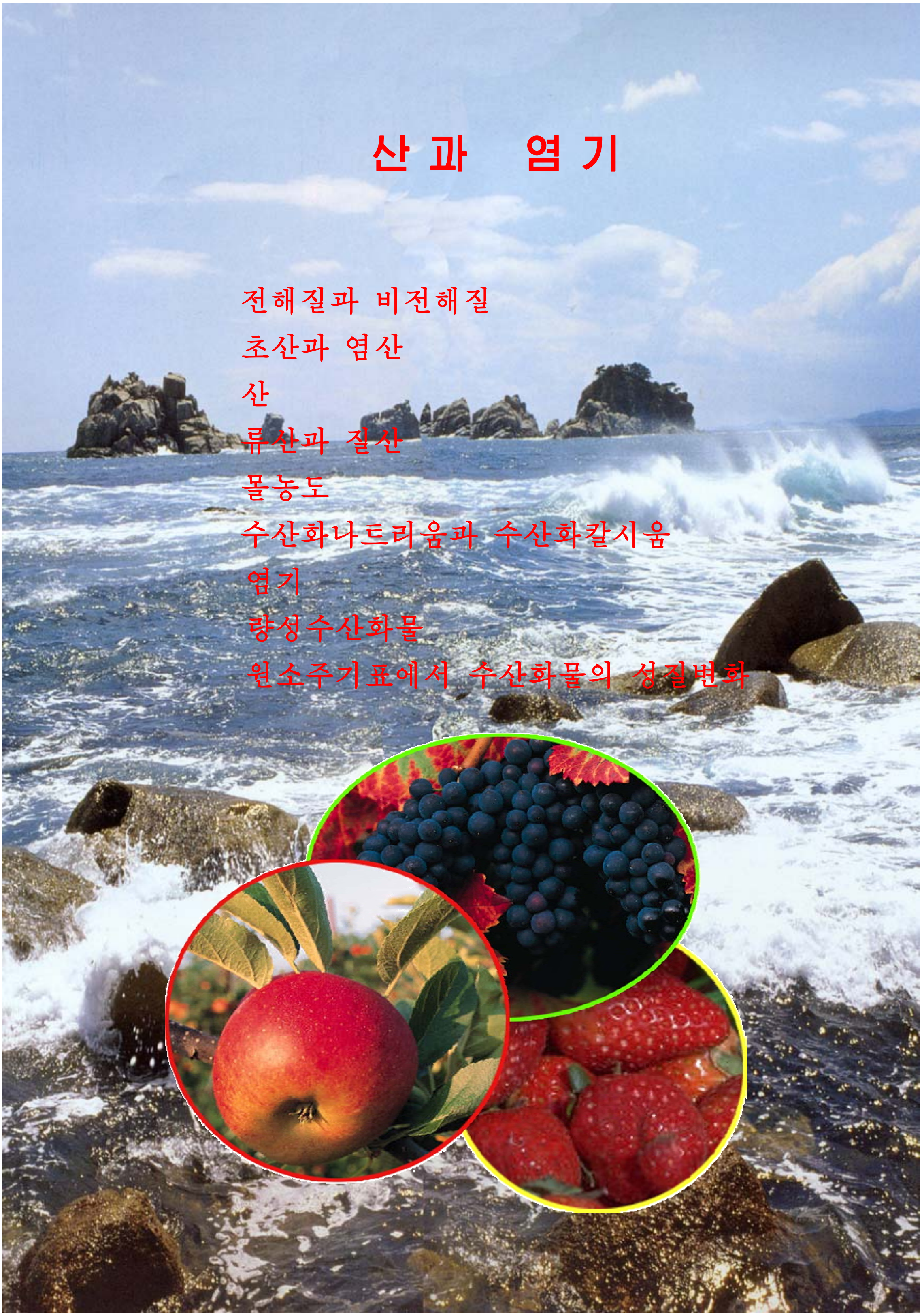
14. 원소주기표에서 3주기 16족원소인 류황에 대하여 다음 물음에 대답하여라.

ㄱ) 전자배치는 어떠한가?

ㄴ) 양성원소인가 음성원소인가?

ㄷ) 단순물이 금속인가 비금속인가?

산과 염기



전해질과 비전해질
초산과 염산
산
류산과 질산
몰농도
수산화나트리움과 수산화칼시움
염기
량성수산화물
원소주기표에서 수산화물의 성질변화

제2장. 산과 염기

우리가 입고 먹고 쓰고 사는 문제를 해결하는데서 염산이나 류산과 같은 산, 가성소다와 같은 알카리는 매우 중요한 물질들이다. 이 물질들에 의하여 천을 만드는 화학섬유가 나오고 화학비료와 농약 그리고 합성수지가 만들어지며 동, 아연을 비롯한 여러가지 금속들이 생산된다.

이 장에서는 화학공업에서 중요한 자리를 차지하고있는 산, 염기의 대표적인 물질들과 그 성질에 대하여 학습하게 된다.

제1절. 전해질과 비전해질

전해질과 비전해질

동선, 알루미니움선을 비롯한 금속은 전기를 잘 흘러보낸다.

ⓘ 금속들이 전기를 흘러보내는것은 무엇때문인가?

그러면 금속뿐아니라 소금용액과 사탕용액도 전기를 흘러보내겠는가.



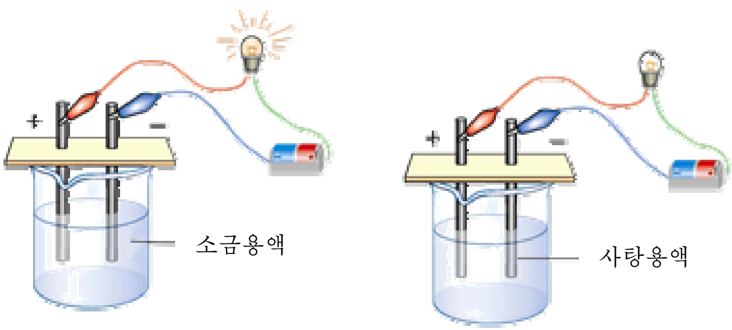
소금용액, 사탕용액은 전기를 흘러보내는가?

① 그림과 같은 실험장치를 꾸민다.

② 종이우에 놓여있는 소금과 사탕에 전극을 대고 전등에 불이 켜지는가를 본다.

③ 깨끗이 씻은 전극을 물(증류수)에 잠그고 전등에 불이 켜지는가를 본다.

④ 전극을 깨끗이 씻은 다음 사탕용액과 소금용액에 각각 잠그어 전등에 불이 켜지는가를 본다. 무슨 물질이 들어있는 용액에서 불이 켜지는가?



물(증류수), 사탕결정, 사탕용액은 전기를 흘러보내지 않는다. 그것은 이속에 전

기를 나를수 있는 알갱이가 없기때문이다.

소금결정은 전기를 흘러보내지 못한다. 그러나 소금용액은 전기를 흘러보낸다.(그림 2-1) 이것은 소금을 물에 용해시켰을 때 그속에 금속에서처럼 전기를 나르는 알갱이가 생긴다는것을 보여준다.



그림 2-1. 소금결정과 소금용액의 전류실험

소금을 물에 용해시킬 때 전기를 나르는 알갱이가 어떻게 생기겠는가.

이온결정인 NaCl을 물에 넣으면 결정의 겉면에 있는 Na^+쪽으로는 극성분자인 물분자의 음극이 향하고 Cl^-쪽으로는 물분자의 양극이 향한다.

그리하여 결정속의 이온들과 물분자들사이에는 정전기적끌힘이 작용한다.

이 정전기적끌힘에 의하여 이온결합이 끊어져 Na^+와 Cl^-가 물속으로 떨어져나온다. 떨어져나온 Na^+와 Cl^-이온들이 전기를 나른다.(그림 2-2)

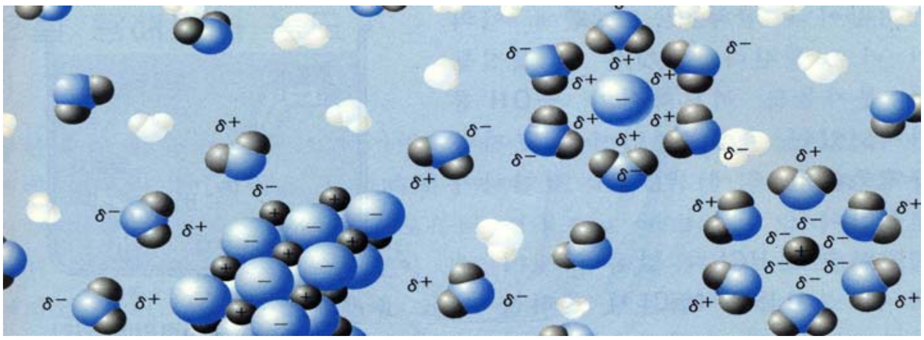


그림 2-2. 소금의 용해와 해리

소금과 같이 물에 용해될 때 이온으로 갈라지는 물질을 전해질이라고 부르며 전해질이 이온으로 갈라지는 현상을 전해질해리라고 부른다.

그리고 사탕과 같이 수용액속에서 이온으로 해리되지 않는 물질을 비전해질이라고 부

른다. 전해질이 물에 용해된 수용액을 전해질용액이라고 부른다. 전해질용액에서 전해질은 이온으로 해리된다.

소금용액에서 소금의 해리는 다음과 같이 나타낸다.

$$NaCl = Na^{+} + Cl^{-}$$

? 녹은 소금은 전기를 흘러보낸다. 왜 그런가?

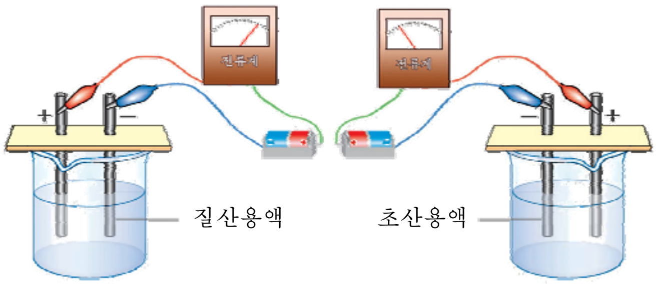
센전해질과 약전해질

전해질들이 전기를 흘러보내는 정도가 다 같겠는가.



질산용액과 초산용액의 전기전도성비교

5% 질산용액 100g과 5% 초산용액 100g을 가지고 어느 용액이 전기를 더 잘 흘러보내는가를 알아보아라.



질산용액에서는 초산용액에서보다 전기가 더 잘 흐른다. 왜 그렇겠는가.

? 5% 질산용액 100g과 5% 초산용액 100g에 용해되여있는 질산과 초산의 알갱이수를 계산하고 대비해보아라.

5% 질산용액 100g과 5% 초산용액 100g에 용해되여있는 질산과 초산의 분자수는 거의 같다. 그러나 질산용액이 전기를 더 잘 흘러보낸다는것은 그속에 전기를 나르는 이온의 수가 초산용액에서보다 더 많다는것을 말해준다. 그것은 질산은 수용액에서 모두 이온으로 해리되지만 초산은 일부만이 해리되기때문이다.

수용액에서 모두 해리되는 전해질을 센전해질이라고 부르며 일부만이 해리되는 전해질을 약전해질이라고 부른다.

$HNO_3 = H^+ + NO_3^-$ …………………… 센전해질

$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$ …… 약전해질

약전해질은 수용액에서 일부만이 해리되므로 《$\rightleftarrows$》로 그 해리를 나타낸다.

참고 물질의 용해성

일반적으로 요드(I_2)와 같이 무극성분자로 이루어진 물질은 물에 잘 용해되지 않는다. 그것은 무극성분자인 I_2과 물분자와의 작용보다 물분자호상간에 작용하는 힘이 더 세기때문이다. I_2는 물에는 용해되지 않지만 벤졸, 헥산과 같은 무극성용매에는 용해된다.

염화나트리움과 같은 이온결정이나 염화수소와 같이 극성공유결합으로 이루어진 물질은 물과 같은 극성용매에는 용해되지만 벤졸이나 헥산 등의 무극성용매에는 용해되지 않는다.

문 제

1. 아래의 물질들에서 전기를 통과시키는것은 ( )이다. 왜 그런가?

ㄱ) 녹인 소금　ㄴ) 금속나트리움　ㄷ) 염소수　ㄹ) 액체염소

2. 다음 전해질들의 해리를 해리방정식으로 나타내여라.

ㄱ) 염화칼시움($CaCl_2$)　ㄴ) 염화바리움($BaCl_2$)

만일 이 두 용액속에 들어있는 양이온과 음이온의 수가 각각 같다면 전기가 흐르는 정도가 같겠는가?

3. 일반적으로 어떤 결합으로 이루어진 물질들이 전해질에 속하는가? 그 리유는 무엇인가?

제2절. 초산과 염산

초산(CH_3COOH)

국수를 먹거나 물고기회, 남새생채를 만들어먹을 때 식초를 많이 리용한다.

식초는 초산의 5～10% 수용액이다. 신맛은 식초속에 들어있는 초산이 낸다.

ⓘ 식초에서 용질은 무엇인가?

식초뿐아니라 우리가 일상생활에서 만나게 되는 사과나 포도, 김치 등도 신맛을 낸다. 이것은 여기에 신맛을 주는 산이 들어있기때문이다.



그림 2-3. 신맛을 가지는
음식물과 사과, 포도

사과에는 사과산, 포도에는 포도주산, 싱아에는 싱아산, 김치에는 젖산이 들어있다. 산이라는 이름도 시다는 그 맛으로부터 나왔다.

초산은 신맛과 함께 또 어떤 성질을 가지고있는가.

초산은 센 자극성냄새를 내는 색없는 액체이다. 순수한 초산은 온도가 16.6℃ 아래로 내려가면 얼음모양의 결정으로 된다. 빙초산(얼음초산)이라는 말은 이때의 상태를 두고 말한다.

초산은 약전해질이다. 그러므로 수용액에서 다음과 같이 해리된다.

$$CH_3COOH \leftrightarrows H^+ + CH_3COO^-$$

수소이온　초산이온

주의

얼음초산은 피부를 심히 데게 하므로 손으로 함부로 만지지 말아야 한다.

얼음초산을 식용으로 쓸 때에는 물에 묽게 타서 써야 한다. 그렇지 않으면 입안과 식도를 델수 있다.

초산은 어떤 화학성질을 가지고있는가.

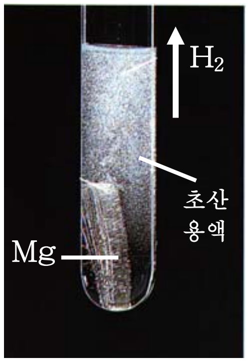


초산의 화학성질

① 증류수와 묽은 초산을 각각 유리막대기에 찍어 푸른 리트머스지에 묻혀본다. 리트머스지의 색변화를 관찰한다.

② 시험관에 묽은 초산용액을 조금 부어넣고 금속마그네시움쪼각을 넣는다. 어떤 현상이 나타나는가?





증류수는 리트머스지의 색을 변화시키지 못한다. 그러나 초산은 푸른 리트머스지의 색을 붉은색으로 변화시킨다.

초산은 금속인 마그네시움과 반응하여 수소기체를 낸다. 이때 초산마그네시움이 생긴다.

$$2CH_3COOH + Mg = \underset{\text{초산마그네시움}}{Mg(CH_3COO)_2} + H_2\uparrow$$

초산은 식료부문에서는 절임하거나 조미료로 쓰이며 공업에서는 비날론, 필림, 신나와 같은 화학물질들을 만드는 원료로 쓰인다.

염산(HCl)

우리 위속에는 위액의 0.5%만큼 위산(염산)이 들어있다. 이 염산이 음식물을 소화시키는데 도움을 주며 균을 죽인다.

납땜할 때 녹을 없애는데 쓰는 《청강수》는 염산에 아연을 넣어 만든것이다.

ⓘ 염화수소 HCl은 극성분자인가 무극성분자인가?

염산은 염화수소 HCl기체가 물에 용해된 수용액이다.(그림 2-4)(염화수소기체는 방온도에서 물 1L에 450L정도 용해된다.)



그림 2-4. 염화수소 기체의 용해

※ 염화수소는 자극성냄새가 나는 색이 없는 기체이며 공기보다 무겁다. 염화수소는 물에 잘 용해된다.

순수한 염산은 자극성냄새가 나는 무색의 액체이다. 보통 짙은 염산에는 철분과 같은 혼입물이 들어있으므로 누런색을 띤다. 짙은 염산은 염화수소가 37%정도 들어있는 수용액이며 그 밀도는 1.19g/cm^3이다. 보통 쓰는 짙은 염산은 농도가 30%정도이다.

짙은 염산병의 마개를 열면 흰 안개가 생긴다. 그것은 짙은 염산속에 용해되여있던 염화수소분자들이 날아나와 공기속의 습기를 만나 염산의 작은 방울들을 많이만들기때문이다.(그림 2-5)



그림 2-5. 공기속에서 짙은 염산의 안개

염산도 초산처럼 신맛을 낸다.

염산은 센전해질이며 수용액속에서 이온으로 해리된다.

$$HCl = H^+ + Cl^-$$

염산은 어떤 화학성질을 가지고있는가.



염산의 화학성질

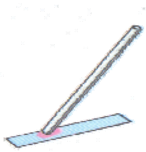
① 묽은 염산을 유리막대기로 찍어 푸른 리트머스지에 묻혀본다.

리트머스지가 어떤 색으로 변하는가?

② 두 시험관에 묽은 염산을 조금씩 부어넣고 한 시험관에는 아연쪼각을, 다른 시험관에는 동쪼각을 넣는다. 어느 시험관에서 기체가 나오는가?

기체가 나오는 시험관아구리에 성냥불을 가져다 대여본다. 어떤 현상이 나타나는가?

③ 시험관에 묽은 염산을 조금 부어넣고 금속산화물인 산화철(녹쓴 쇠못)을 넣는다. 쇠못의 걸면이 어떻게 되는가?





아연　　동　　녹쓴 쇠못

동을 넣은 시험관에서 기체가 나오지 않았다는것은 동이 염산과 반응하지 않는다는것을 보여준다.

그러나 아연을 넣은 시험관에서 기체가 나왔다는것은 아연이 염산과 반응했다는것을 보여준다. 그 생성물인 기체가 수소기체라는것은 우리가 이미 배운 수소의 연소실험에 의해 확인하였다.

$$2HCl + Zn = \underset{\text{염화아연}}{ZnCl_2} + H_2\uparrow$$

이 반응은 실험실에서 수소기체를 얻는데 리용된다.

녹쓴 쇠못의 겉면이 깨끗해졌다는것은 염산이 철의 녹인 Fe_2O_3과 반응했다는것을 보여준다.

$$\underset{\text{산화철(Ⅲ)}}{Fe_2O_3} + 6HCl = \underset{\text{염화철(Ⅲ)}}{2FeCl_3} + 3H_2O$$

이 반응은 도금하거나 용접할 때 금속제품에 생긴 녹을 없애는데 리용된다.

? 염산의 화학성질을 몇가지로 말할수 있는가?

염산은 간장, 된장, 물엿과 포도당을 만드는데 쓰인다.

참고 리트머스

리트머스는 지중해연안에 살고있는 지의류(이끼)를 암모니아와 탄산칼리움으로 처리하고 발효시켜 만든것인데 여러가지 색소의 혼합물이다. 산성에서 붉은색, 알카리성에서 푸른색을 나타낸다.



화학방정식에 의한 계산

1) 어느 한 반응물의 량이 주어지면 생성물의 량을 계산할수 있다. 생성물이 기체물질일 때는 기체의 질량과 함께 체적도 계산할수 있다.

례: 아연 6.5g에 염산을 충분히 작용시켰을 때 수소가 몇g 얻어지며 그것의 체적은 표준조건에서 몇L인가?

풀이: 조건. m =6.5g

M_{Zn}=65g/mol

$M_{H_2} = 2g/mol$

물음. $m_{H_2}=?$, $V_{H_2}=?$

계산. $Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2\uparrow$

1mol　　　　　　　　　1mol

$n$mol　　　　　　　　　$n$mol

① 아연 6.5g은 몇mol인가?

아연 1mol의 질량은 65g이므로

65g : 1mol

6.5g : x　　　　$x=\frac{6.5g}{65g}\times 1mol=0.1mol$

② 수소가 몇mol 얻어지는가?

방정식에서 Zn 1mol로부터 H_2 1mol이 생기고 Zn $n$mol로부터는 H_2 $n$mol이 생기므로 Zn 0.1mol로부터는 H_2 0.1mol이 생긴다.

③ 수소 0.1mol의 질량은 얼마인가?

수소 1mol의 질량은 2g이므로

1mol　: 2g

0.1mol : y　　　　$y=\frac{0.1mol}{1mol}\times 2g=0.2g$

④ 수소 0.1mol의 체적은 표준조건에서 몇L인가?

모든 기체 1mol의 체적은 표준조건에서 22.4L이므로

1mol　: 22.4L

0.1mol : Z　　　　$Z=\frac{0.1mol}{1mol}\times 22.4L=2.24L$

답. 0.2g, 2.24L

2) 일정한 량의 생성물을 만드는데 필요한 반응물의 량을 계산할수 있다.

례: 염산에 아연을 작용시켜 수소 44.8L를 얻었다.(표준조건에서) 아연 몇g이 반응에 참가하였는가?

풀이: 조건. $V_{H_2}=44.8L$

$M_{Zn}=65g/mol$

물음. $m_{Zn}=?$

계산. $Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2\uparrow$

1mol　　　　　　　　　1mol

$n$mol　　　　　　　　　$n$mol

① 수소 44.8L는 몇mol인가?

기체 1mol : 22.4L

x : 44.8L $x = \frac{44.8L}{22.4L} \times 1\text{mol} = 2\text{mol}$

② 아연 몇mol이 반응에 참가하였는가?

방정식으로부터 수소 $n$mol은 아연 $n$mol로부터 얻어지므로 수소 2mol은 아연 2mol로부터 생긴것이다.

③ 아연 2mol은 몇g인가?

아연 1mol : 65g

2mol : y $y = \frac{2\text{mol}}{1\text{mol}} \times 65\text{g} = 130\text{g}$

답. 130g

3) 두 반응물가운데서 반응물의 량이 주어지면 그와 남김없이 반응할 다른 반응물의 량을 계산할수 있다.

례: 아연 6.5g을 완전히 반응시키려면 10% 염산을 몇g 작용시켜야 하겠는가?

풀이: 조건. m_{Zn} = 6.5g

M_{Zn} = 65g/mol

ω = 0.10(10%)

M_{HCl} = 36.5g/mol

물음. m_{HCl} = ?

계산. $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$

1mol 2mol

$n$mol 2$n$mol

① 아연 6.5g은 몇mol인가?

Zn 1mol : 65g $x = \frac{6.5\text{g}}{65\text{g}} \times 1\text{mol} = 0.1\text{mol}$

x : 6.5g

물질량식으로부터 계산하면

$$n_{Zn} = \frac{m_{Zn}}{M_{Zn}} = \frac{6.5\text{g}}{65\text{g/mol}} = 0.1\text{mol}$$

② 아연 0.1mol과 반응하는 염산은 몇mol인가?

방정식으로부터 Zn : HCl

1mol : 2mol

0.1mol : 0.2mol

③ 염산 0.2mol은 몇g인가?

HCl→ 1mol ∶ 36.5g

0.2mol ∶ y $$y=\frac{0.2mol}{1mol}\times 36.5g=7.30g$$

물질량식으로부터 계산하면

$$n_{HCl}=\frac{m_{HCl}}{M_{HCl}}\rightarrow m_{HCl}=n_{HCl}\times M_{HCl}=0.2mol\times 36.5g/mol=7.30g$$

④ 염화수소 7.30g에 맞먹는 10% 염산의 질량은 얼마인가?

7.30g은 염화수소의 질량이므로 10% 염산일 때의 질량은?

10% 염산이라는것은 염산 100g ∶ 염화수소 10g

Z ∶ 7.30g

$$Z=7.30g\times\frac{100g}{10g}=73.0g$$

이것을 %농도식으로부터 계산하면

$$\omega=\frac{m_{염화수소}}{m_{염산}}\rightarrow m_{염산}=\frac{m_{염화수소}}{\omega}=\frac{7.30g}{0.10}=73.0g$$

답. 73.0g

문 제

1. 밑줄친 부분에 알맞는것을 써넣어라.

초산은 __을 가지고있으며 센 자극성냄새를 낸다. __은 16.6℃아래에서 결정화되는데 이것을 __이라고도 부른다. 초산의 해리방정식에서 H^+을 내놓은 이온을 __이라고 부른다. 초산은 __과 반응하여 __를 내보내며 __를 __색으로 변화시킨다.

2. 염산이 전기를 흘러보내는것은 __가 물에 용해되여 __의 작용에 의하여 __를 하기때문이다. 그때의 __방정식은 __이며 염산은 __처럼 __맛을 가지며 __를 __으로 변화시킨다.

3. 짙은 염산이 공기속에서 흰 안개를 내는 리유가 정확한것은 ( )이다.

아래의 ㄱ)~ㄹ)에서 정확한 답을 골라 ( )에 써넣어라.

ㄱ) 공기속에서 습기를 만나 묽어지기때문이다.

ㄴ) 공기속의 습기에 용해되여 염산의 잔 방울들을 만들기때문이다.

ㄷ) 짙은 염산용액이 증발되여 기체로 되기때문이다.

ㄹ) 짙은 염산속에 용해되여있던 염화수소가 공기속의 습기를 만나 안개모양의 작은 염산방울들을 만들기때문이다.

4. 아래의 물질들가운데서 염산과 반응할수 있는것은 ( )이다.

Cl_2, CuO, SO_2, Br_2, MgO, CO_2

5. 10% 염산과 아연이 반응할 때 생기는 기체가 22.4L인것은 ( )이다.

ㄱ) 6.54g의 아연을 염산 36.5g과 반응시켰다.

ㄴ) 65.4g의 아연을 염산 730g과 반응시켰다.

ㄷ) 13.08g의 아연에 염산 73g을 반응시켰다.

ㄹ) 6.54g의 아연에 염산 73g을 반응시켰다.

6. 표준조건에서 수소기체 5.6L를 만들려면 아연에 20% 염산을 몇g 작용시켜야 하는가? (**답.** 91.25g)

7. 75% 초산용액 2kg이면 5% 식초를 ___병 만들수 있다.(식초 1병에는 500g의 용액이 들어있다.)

ㄱ) 30 ㄴ) 60 ㄷ) 130 ㄹ) 6

제3절. 산

초산과 염산이 나타내는 다같은 성질은 무엇인가.

초산과 염산은 다같이 신맛을 내며 푸른 리트머스지를 붉은색으로 변화시킨다.

또한 마그네시움, 아연과 같은 금속과 반응하여 수소기체를 내며 금속산화물과 반응한다.

이러한 성질을 포함하여 산이 나타내는 일반성질을 **산성**이라고 부른다.

초산과 염산이 다같은 성질을 가지는것은 무엇때문인가.

초산과 염산은 다 전해질이다. 그러므로 수용액속에서 다음과 같이 해리된다.

$$CH_3COOH \leftrightarrows \boxed{H^+} + CH_3COO^-$$
$$HCl = \boxed{H^+} + Cl^-$$

이처럼 CH_3COOH이나 HCl은 수용액속에서 해리될 때 모두 양이온으로서 수소이온 H^+만을 내놓는다. 이 수소이온 H^+가 산성을 나타내게 한다.

산이란 수용액에서 해리되여 양이온으로서 수소이온 H^+만을 내놓는 화합물을 말한다.

산은 수소원소와 산기로 이루어져있다. 산기는 수용액에서 산이온으로 해리된다.

초산기와 같이 여러가지 원자들로 든든히 결합된 원자들의 묶음을 **원자단**이라고 부른다.

산은 어떻게 나누는가

산의 분류 　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　표 2-1

분류기준	분　　류	례	근　　거
산이온의 이온가에 따라 (해리될 때 내놓는 H^+의 개수에 따라)	1가산	HCl, HNO_3	$HNO_3 = H^+ + NO_3^-$
	2가산	H_2SO_4, H_2S	$H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{2-}$
	3가산 …	H_3PO_4	$H_3PO_4 \leftrightarrows 3H^+ + PO_4^{3-}$
산분자안에 산소원소가 있는가 없는가에 따라	옥소산	H_2SO_4, HNO_3	산소원소가 있다
	수소산	HCl, H_2S	산소원소가 없다

※ 산이온의 이온가는 산이온이 띠고있는 전하수와 같다.

? 브롬화수소산 HBr는 몇가산이며 옥소산인가 수소산인가?

참고 　이온가와 산화수의 다른 점

산화수는 원소의 성질이고 이온가는 이온의 성질이다.

① 산화수와 이온가를 표시하는 방법이 다르다.

례: 수소원소의 산화수 +1(산화수는 부호를 앞에 쓴다.)

수소이온의 이온가 1+(이온가는 부호를 뒤에 쓴다.)

② 원자단이온에는 산화수를 쓸수 없다.

산의 화학식을 어떻게 세우는가

수소양이온을 언제나 음이온앞에 써야 한다.

산에서 양이온과 음이온의 이온가의 합이 0이 되게 수소원자와 산기의 밀수를 구한다.

례: 류산의 화학식세우기

수소이온의 이온가 1+

류산이온의 이온가 2−

(1+)×□+(2-) ×□=0

(1+)×[2]+(2-)× [1]=0

따라서 류산의 화학식은 H_2SO_4이다.

산의 이름을 어떻게 부르는가

옥소산의 이름은 산을 이루는 중심원소(수소와 산소를 제외한 원소)의 이름뒤에 《산》을 붙여 부른다.

례: H_2SO_4 류(황)+《산》→ 류산

HNO_3 질(소)+《산》→ 질산

수소산의 이름은 산을 이루는 원소(수소를 제외한 원소)의 이름뒤에 《화수소산》을 붙여 부른다.

례: HCl 염(소)＋《화수소산》→염화수소산(염산)

H_2S 류(황)＋《화수소산》→류화수소산

(?) 17족원소들의 나머지 수소산들의 화학식을 쓰고 이름을 불러보아라.

문 제

1. 산에 대한 아래의 설명에서 옳은것은 ( )이다.

ㄱ) 산은 수용액에서 해리될 때 양이온으로서 H^+만을 낸다.

ㄴ) 산은 붉은 리트머스지를 푸른색으로 변화시킨다.

2. 아래의것들가운데서 분류, 화학식, 이름 세가지가 모두 정확한것은 ( )이다.

ㄱ) 2가 옥소산 H_2SO_4 류산

ㄴ) 1가 수소산 H_2S 류화수소산

ㄷ) 2가 수소산 H_2CO_3 탄산

3. 공업적으로 염화수소는 염소와 수소를 반응시켜 만든다. 표준조건에서 염소기체 2㎥와 수소기체 1.5㎥를 섞어서 완전히 반응시켰다면 염화수소기체가 몇㎥ 생기겠는가? 반응하지 않고 남은 기체는 무엇이며 얼마나 남았겠는가?

(**답.** 3㎥, Cl_2 0.5㎥)

4. 실험실에서 25% 염산으로 15% 염산을 만들려고 한다. 25%의 염산과 물을 어떤 질량비로 섞어야 하는가? (**답.** 질량비 3:2)

제4절. 류산과 질산

자동차에서 쓰는 축전지속에는 류산용액이 들어 있다. 산성비에는 적은 량의 류산과 질산이 포함되여 있다.



그림 2-6. 축전지

류산(H_2SO_4)

류산은 수소와 류산기로 이루어진 화합물이다.

순수한 류산은 색이 없고 기름처럼 끈기가 있는 액체이다. 10.4℃에서 얼음모양의 결정으로 된다. 질은 류산은 농도가 98%이며 밀도는 1.84g/㎤이다. 질은 류산은 물기를 흡수하는 성질이 세다. 이 성질을 리용하여 실험실에서 물질을 건조시키는데 쓴다.(그림 2-7)



그림 2-7. 질은 류산은 건조제로 쓰인다.

류산은 물에 용해될 때 많은 열을 낸다.(1mol의 H_2SO_4에 대하여 84kJ)

※ 질은 류산을 물에 용해시킬 때에는 물에 류산을 조금씩 넣으면서 저어주어야 한다. 그렇게 하지 않고 반대로 질은 류산에 물을 쏟아넣으면 많은 열이 발생하면서 폭발이 일어날수 있다.(그림 2-8)

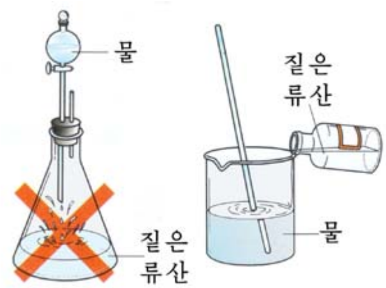


그림 2-8. 질은 류산을 물에 용해시키는 방법



질은 류산의 물을 떼내는 성질

① 질은 류산을 묻힌 유리막대기로 종이우에 글을 쓴다.
② 나무막대기에 질은 류산을 묻힌다.
③ 천쪼박우에 류산을 몇방울 떨군다.
놓아두었다가 조금후에 나타나는 현상을 관찰한다.

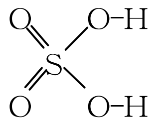


질은 류산은 나무재료, 섬유재료, 피부로부터 물을 떼내여 검은 탄소물질만 남게 한다.(묽은 류산을 쓴 경우에는 점차 수분이 날아나면서 시간이 지남에 따라 거매진다.)그러므로 류산을 다룰 때에는 피부나 옷에 묻지 않도록 주의해야 한다.

※ 류산이 피부나 옷에 묻으면 곧 물로 씻고 탄산수소나트리움용액으로 씻어낸 다음 다시 물로 씻어야 한다.

류산은 센전해질이다. 류산은 수용액에서 다음과 같이 해리된다.

$$H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{2-}$$

Ⓟ 류산의 구조식은  이다.

S–O결합의 극성과 O–H결합의 극성을 비교하고 류산이 왜 산성을 나타내는가를 밝혀라.

묽은 류산은 산의 일반성질을 가진다.

Ⓟ 묽은 류산의 성질을 말하고 묽은 류산과 아연, 산화철(Ⅲ)과의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

질은 류산과 금속과의 반응은 묽은 류산과 같지 않다.

질은 류산은 마그네시움이나 아연과는 물론 동과도 반응한다. 동과 반응하면 수소기체가 아니라 이산화류황기체가 생긴다.

$$Cu + 2H_2SO_{4(\text{질은})} = CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$$

질은 류산과 동과의 반응은 실험실에서 이산화류황을 만드는데 쓰인다.

류산은 류안, 파린산석회(과석)와 같은 화학비료를 만드는데 많이 쓰이며 화학섬유를 만드는데 그리고 동, 아연제련에도 쓰인다. 또한 류산은 농약, 화약, 물감을 만드는데 쓰이며 석유정제에도 널리 쓰인다. 연축전지에서는 전해액으로 쓰인다.

질산(HNO_3)

질산은 수소와 질산기로 이루어진 화합물이다.

질산은 자극성냄새를 내는 색없는 액체이다. 질은 질산의 농도는 65%이며 그 밀도는 1.4g/cm³이다.

질산은 빛이나 열을 받으면 쉽게 분해된다.

$$4HNO_3 \overset{\text{빛(열)}}{=} 2H_2O + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$$

그러므로 질산은 밤색유리병에 넣어 빛이 들지 않는 서늘한 곳에 보관해야 하며 마개는 고무가 아니라 갈아맞춘 유리마개를 써야 한다.(그림 2-9)

질은 질산이 보통 누런색을 띠는것은 붉은밤색을 띠는 이산화질소 NO_2이 용해되여 있기때문이다.

질은 질산병의 마개를 열면 흰 안개가 나온다. 그것은 질산병에서 나온 기체상태의 이산화질소가 공기중의 습기와 만나 작은 질산 방울들을 많이 만들기때문이다.

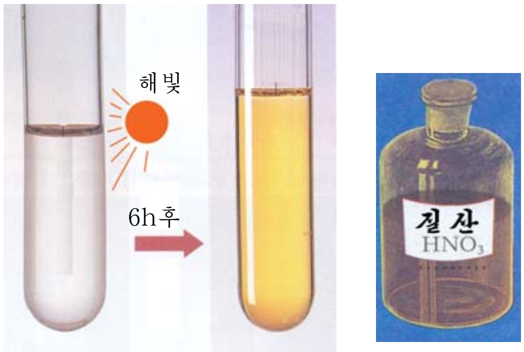


그림 2-9. 질산은 밤색 유리병에 넣어두어야 한다.

질산도 센전해질이며 산성을 나타낸다. 질산은 수용액에서 다음과 같이 해리된다.

$$HNO_3 = H^+ + NO_3^-$$

? 질산이 왜 산성을 나타내는가를 결합의 극성으로 설명하여라.

질산은 산의 일반성질을 가진다.

그러나 금속과의 반응에서는 수소기체가 아니라 다른 기체생성물(주로 NO_2, NO)이 생긴다.

$$4HNO_{3(질은)} + Cu = Cu(NO_3)_2 + \underset{밤색}{2NO_2\uparrow} + 2H_2O$$

질산은 천과 피부를 못쓰게 하므로 다룰 때 주의하여야 한다. 피부에 닿으면 피부가 노랗게 되는데 이 반응은 단백질을 알아내는데 쓰인다.

질산은 질안비료와 폭약, 물감, 의약품들을 만드는데 쓰인다.

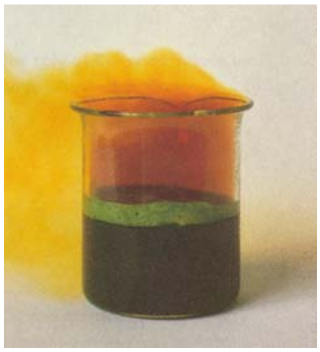


그림 2-10. 질은 질산과 동과의 반응

참고 수용액상태로만 있는 산

약전해질들인 탄산(H_2CO_3), 아류산(H_2SO_3), 아질산(HNO_2)은 수용액상태에서만 존재한다. 이 용액들에 열을 주면 CO_2, SO_2, NO는 기체로 날아나고 마지막에는 순수한 물만 남는다.

$$H_2CO_3 = H_2O + CO_2\uparrow \qquad H_2SO_3 = H_2O + SO_2\uparrow$$

$$2HNO_2 = H_2O + 2NO\uparrow + \frac{1}{2}O_2\uparrow$$

문 제

1. 류산의 성질에 대하여 서술내용이 틀린것을 바로 고쳐라.

ㄱ) 묽은 류산은 아연과도 반응하고 동과도 반응한다.

ㄴ) 묽은 류산은 아연과 반응하여 SO_2기체를 낸다.

ㄷ) 짙은 류산을 물에 부어넣으면 많은 열을 흡수하므로 용액의 온도는 내려간다.

ㄹ) 짙은 류산을 유리막대기에 묻혀 글을 쓰면 검은색글자가 나타난다.

ㅁ) 짙은 류산이 들어있는 비커에 물을 넣어 용해시킨다.

ㅂ) 짙은 류산은 누기를 세게 빨며 동과 반응하지 않는다.

2. 질산의 성질에 대한 문장에서 틀린것을 바로 고쳐라.

ㄱ) 질산은 색이 없고 냄새가 없는 고체이다.

ㄴ) 질산이 빛이나 열을 받으면 증발되여 수증기가 생긴다.

ㄷ) 질산은 동과 반응하며 이때 수소기체를 낸다.

ㄹ) 짙은 질산은 동과 반응하여 NO기체를 낸다.

3. 다음 시약병의 마개를 열어놓을 때 용액의 농도가 커지는가 작아지는가? 왜 그런가?

ㄱ) 짙은 류산 ㄴ) 짙은 염산 ㄷ) 식초

4. 짙은 류산이 다른 물질에 대하여 건조제로 쓰이는 리유가 정확한것은( )이다.

ㄱ) 물을 떼내는 성질 ㄴ) 물을 흡수하는 성질

ㄷ) 센 산성 ㄹ) 용해될 때 열을 많이 내는것

5. 98%의 짙은 류산용액에 동쪼각을 넣고 열줄 때 표준조건에서 이산화류황 2.24L가 생기는것은 ( )이다.

ㄱ) 동 64g과 류산용액 100g을 반응시킨다.

ㄴ) 동 32g과 류산용액 10g을 반응시킨다.

ㄷ) 동 3.2g과 류산용액 10g을 반응시킨다.

ㄹ) 동 6.4g과 류산용액 20g을 반응시킨다.

6. 60% 짙은 질산용액에 동쪼각을 넣고 열줄 때 표준조건에서 4.48L의 NO_2기체가 생기는것은 ( )이다.

ㄱ) 동 64g과 질산용액 105g을 반응시킨다.

ㄴ) 동 32g과 질산용액 210g을 반응시킨다.

ㄷ) 동 64g과 질산용액 420g을 반응시킨다.

ㄹ) 동 6.4g과 질산용액 42g을 반응시킨다.

7. 8% 류산용액(ρ=1.06g/㎤)을 만들려면 50% 류산용액(ρ=1.4g/㎤) 1L를 ______L의 체적까지 묽게 해야 한다.

ㄱ) 8.25L ㄴ) 8.32L ㄷ) 16L ㄹ) 18L

제5절. 몰 농 도

화학반응은 반응물알갱이들사이에서 일어난다. 그러므로 용액의 농도를 용질의 알갱이수로 나타내는것이 편리하다.

몰농도란 용액 1L에 용해되여있는 용질의 물질량으로 나타낸 농도를 말한다.

례를 들어 용액 1L에 용질이 1mol 용해되여 있으면 1mol/L용액이고 *n*mol 용해되여있으면 *n*mol/L용액이다.(그림 2-11)

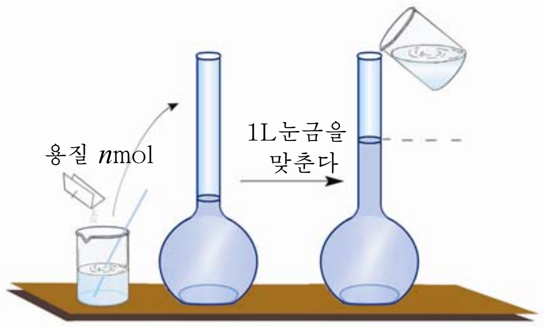


그림 2-11. *n*mol/L용액의 의미

몰농도의 정의로부터 그 단위는 mol/L이다.

몰농도를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$C=\frac{n}{V}$$

C: 몰농도, n: 용질의 물질량, V: 용액의 체적

몰농도는 용질의 알갱이수와 관련된 농도이다.

몰농도가 같고 체적이 같은 용액속에는 용질의 종류에 관계없이 같은 수의 용질알갱이들이 들어있다.

례 1: 류산용액 1L속에 H_2SO_4이 9.8g 용해되여있을 때 류산용액의 몰농도는 얼마인가?

풀이: 조건. V=1L, m=9.8g

물음. C=?

계산. ① 류산 9.8g은 몇mol인가?

류산 1mol : 98g

x : 9.8g $x=\frac{9.8\text{g}}{98\text{g}}\times 1\text{mol}=0.1\text{mol}$

② 류산용액의 몰농도는 얼마인가?

주어진 류산용액의 체적은 1L이므로 결국 류산용액 1L속에 H_2SO_4이 0.1mol 용해되여있다.

그러므로 류산용액의 몰농도는 0.1mol/L이다.

몰농도식을 써서 계산하면

$$C=\frac{n}{V}=\frac{\frac{m}{M}}{V}=\frac{\frac{9.8\text{g}}{98\text{g/mol}}}{1\text{L}}=0.1\text{mol/L}$$

답. 0.1mol/L

례 2: 250mL의 류산용액속에 H_2SO_4이 9.8g 용해되여있을 때 류산용액의 몰농도는 얼마인가?

풀이: 조건. V=250mL=0.250L

m=9.8g

물음. C=?

계산. ① 류산용액 1L속에 H_2SO_4이 몇g 용해되여있겠는가?

0.250L : 9.8g

1L : x $\quad x = \frac{1\text{L}}{0.250\text{L}} \times 9.8\text{g} = 39.2\text{g}$

② H_2SO_4 39.2g은 몇mol인가?

1mol : 98g

y : 39.2g $\quad y = \frac{39.2\text{g}}{98\text{g}} \times 1\text{mol} = 0.4\text{mol}$

즉 류산용액 1L속에 H_2SO_4이 0.4mol 용해되여있으므로 0.4mol/L용액이다.

몰농도식을 써서 계산하면

$$C = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{\frac{9.8\text{g}}{98\text{g/mol}}}{0.250\text{L}} = 0.4\text{mol/L}$$

답. 0.4mol/L

문 제

1. 용액의 %농도와 몰농도의 차이점은 무엇인가?

2. 초산용액 500mL속에 초산이 6g 용해되여있다면 이 용액의 몰농도는 얼마이며 용액속에 들어있는 초산의 분자수는 얼마인가? (**답.** 0.2mol/L, 6.02×10^{22})

3. 0.1mol/L 류산용액 500mL속에는 용질이 몇g 용해되여있는가? (**답.** 4.9g)

4. 방온도에서 염화수소기체 1L의 질량은 1.36g이다. 염산 2L속에 염화수소가 50L 용해되여있다면 염산의 몰농도는 얼마인가? (**답.** 0.93mol/L)

제6절. 수산화나트리움과 수산화칼시움

수산화나트리움(가성소다 NaOH)

가성소다용액은 비누처럼 미끈거린다.

수산화나트리움은 이온결합으로 이루어진 이온결정이다.

수산화나트리움의 성질을 살펴보자.



수산화나트리움의 조해와 용해될 때의 열현상

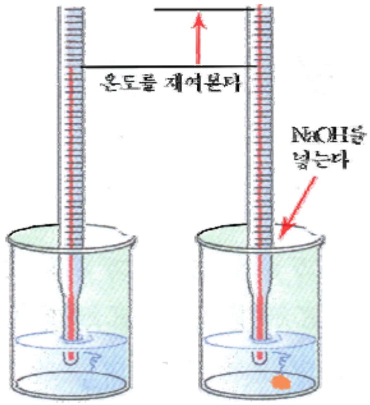
핀세트로 작은 수산화나트리움쪼각들을 집어서 아래와 같은 순서로 실험을 진행한다.

① 수산화나트리움의 색갈, 상태를 관찰한다.

② 수산화나트리움을 샤레에 놓은 다음 몇 min동안 놔둔다. 어떤 현상이 나타나는가?

③ 수산화나트리움을 물이 들어있는 비커에 넣고 용해시킨다. 용해될 때의 온도를 재여보면서 처음온도와 대비해본다.





수산화나트리움을 공기중에 놓아두면 습기를 흡수하여 겉면이 눅눅해지면서 점차 용해된다. 이렇게 고체물질이 공기속의 습기를 빨아들여 저절로 용해되는 현상을 **조해**라고 부른다.

수산화나트리움은 다른 물질을 부식시킨다. 수산화나트리움은 다른 물질을 못쓰게 만드는 가혹한 성질이 있기때문에 《가성》(가혹한 성질이라는 뜻)이라는 말을 붙여 《가성소다》라고도 부르는것이다.

※《소다》는 나트리움을 의미하는 말이다.

주의

수산화나트리움은 눈, 피부, 옷 등을 못쓰게 만들므로 다룰 때 주의하여야 한다.

수산화나트리움이 피부에 묻으면 인차 물로 씻고 그 부위에 붕산용액을 발라야 한다.

이온결정인 수산화나트리움은 센전해질이다.

$$NaOH = Na^{+} + OH^{-}$$

ⓘ 수산화나트리움 NaOH에서 Na-O결합과 O-H결합의 전기음성도차를 비교하고 왜 OH^{-}을 내면서 해리되는가를 말하여라.

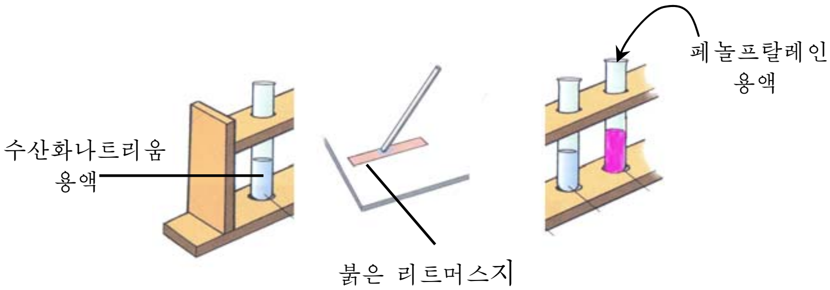
수산화나트리움은 어떤 화학성질을 가지고있는가.



수산화나트리움의 화학성질

① 수산화나트리움용액을 유리막대기에 묻혀 붉은 리트머스지에 대여본다. 리트머스지의 색이 어떻게 변하는가?

② 시험관에 수산화나트리움용액을 조금 넣고 여기에 페놀프탈레인용액을 1~2방울 떨구어넣는다. 용액의 색이 어떻게 변하는가?



가성소다는 공기중의 습기를 잘 빨아들일뿐아니라 비금속산화물인 탄산가스와도 반응한다. 그러므로 수산화나트리움은 갈아맞춘 고무마개를 꽉 막아서 보관하여야 한다.

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

※ 생긴 Na_2CO_3 은 다음의 반응에 의하여 Na_2CO_3 보다 용해도가 작은 탄산수소나트리움으로 된다.

$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2NaHCO_3$$

수산화나트리움은 산과도 반응한다.

$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

수산화나트리움은 화학공업의 기초물질로서 비누와 종이를 만드는데, 인조섬유와 비날론생산, 석유를 정제하는데 쓰인다.

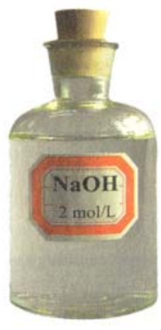


그림 2-12. 수산화나트리움 용액의 보관

참고　　수산화나트리움만들기

수산화나트리움은 소금물을 전기분해시켜 얻는다. 또한 수산화나트리움은 탄산나트리움과 수산화칼시움을 반응시켜 얻는다.

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3$$

이 방법을 탄산나트리움의 **가성화법**이라고 부른다. 이 방법으로는 지방산업공장들에서도 10% 정도의 가성소다용액을 쉽게 얻을수 있다.

수산화칼시움(소석회 $Ca(OH)_2$)

벽에 회칠하는데 쓰는 회가루물은 수산화칼시움용액이다. 회가루물도 가성소다처럼 손에 묻으면 미끈거린다.

수산화칼시움은 생석회에 물을 반응시켜 얻는다.

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

수산화칼시움도 가성소다처럼 이온결정이며 센전해질이다.

$$Ca(OH)_2 = Ca^{2+} + 2OH^-$$

※ 수산화칼시움도 피부, 옷 등에 묻으면 부식작용을 하므로 다룰 때 주의하여야 한다.

수산화칼시움의 화학성질은 어떠한가.



석회수에 의한 알림약의 색변화

① 수산화칼시움용액(석회수)을 유리막대기에 찍어 붉은 리트머스지에 묻혀본다. 리트머스지의 색이 어떻게 변하는가?

② 시험관에 수산화칼시움용액을 조금 넣고 페놀프탈레인용액을 1~2방울 떨구어넣는다. 용액의 색이 어떻게 변하는가?

(?) 석회수에 의한 알림약의 색변화를 수산화나트리움과 대비하여 말하여라.

수산화칼시움은 가성소다와 마찬가지로 일부 비금속산화물과 반응한다.

석회수에 입김(입김속에는 CO_2이 들어있다.)을 불어넣으면 석회수가 흐려진다. 그것은 물에 용해되지 않는 흰색의 탄산칼시움이 생기기때문이다.(그림 2-13)

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \ + H_2O$$



그림 2-13. 석회수와 탄산가스와의 반응

이 반응은 탄산가스를 알아내는데 리용된다.

Ⓟ 회칠한 벽이 시간이 지남에 따라 점점 희여지는것은 무엇때문인가?

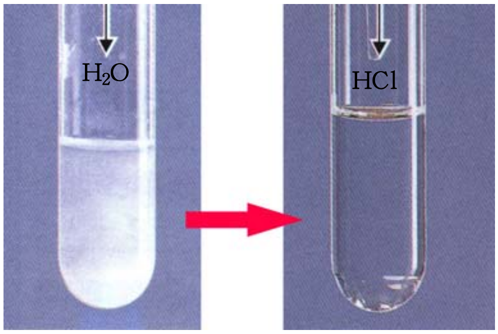


석회유와 염산과의 반응

① 시험관에 소석회가루와 물을 조금 넣고 뒤흔든다. 소석회가 다 용해되였는가를 본다.

② 얻어진 석회유에 묽은 염산을 방울방울 떨구면서 시험관을 흔든다.

어떤 변화가 생기는가?



석회유에 염산을 작용시키면 물에 용해되지 않고 남아있던 수산화칼시움알갱이들이 다 반응한다. 그러므로 용액은 맑아지게 된다.

$$Ca(OH)_2+2HCl=CaCl_2+2H_2O$$

수산화칼시움은 어디에 쓰이는가.

수산화칼시움(소석회)은 산성화된 땅을 개량하는데 많이 쓰인다. 또한 보르도액과 석회류황합제와 같은 농약을 만드는데 쓰인다.

소석회는 석회몰탈을 만들어서 벽돌을 쌓거나 벽미장재료로 쓰인다. 또한 소석회를 원료로 하여 표백분과 가성소다를 만든다.

참고

석회수와 석회유

수산화칼시움(소석회)을 물에 넣고 휘저으면 우유처럼 뿌영게 흐린 액체가 얻어지는데 이것을 젖처럼 뿌영다는 의미에서 **석회유**라고 부른다.

그리고 석회유를 가만히 놓아두면 용해되지 않는 수산화칼시움알갱이들이 가라앉고 웃층에는 맑은물이 생기는데 이 액체를 물처럼 맑다는 의미에서 **석회수**라고 부른다. 석회수는 결국 수산화칼시움의 포화용액이다.

문 제

1. 가성소다를 넣은 병을 유리마개가 아니라 고무마개로 막아야 하는데 그 리유가 정확한것은 ( )이다.

ㄱ) 고무마개가 림성을 가지기때문에 쉽게 열수 있다.

ㄴ) 유리마개가 깨질수 있기때문이다.

ㄷ) 공기속의 탄산가스와 반응하여 생긴 탄산수소나트리움이 가성소다를 넣은 병아구리와 마개가 꽉 들어붙게 하여 열수 없기때문이다.

ㄹ) 고무마개가 가성소다와 반응하여 못쓰게 되기때문이다.

ㅁ) 유리마개연마부분의 유리가루와 가성소다가 반응하여 녹아붙기때문이다.

2. 소석회를 공기속에 오래 놔두면 왜 나쁜가?

3. 다음 말들의 다른 점은 무엇인가?

ㄱ) 생석회와 소석회　　　　　　ㄴ) 석회수와 석회유

4. 아래의 물질들가운데서 수산화칼시움과 반응할수 있는것을 골라 화학방정식으로 나타내여라.

Mg,　CO_2,　Na_2O,　Na,　H_2SO_4,　K_2O

5. 0.1mol/L NaOH용액 500mL를 만들려고 한다. 용질이 몇g 있어야 하는가?

(답. 2g)

6. $Ca(OH)_2$의 용해도는 40℃에서 0.141g/(100g・물)이고 0℃에서 0.185g/(100g・물)이다. 0℃의 포화용액 300g을 40℃로 할 때 몇g의 침전물이 얻어지겠는가?

(답. 0.132g)

제7절. 염 기

수산화나트리움과 수산화칼시움의 성질에서 같은 점은 무엇인가.

수산화나트리움과 수산화칼시움의 수용액은 다 미끈거리며 붉은 리트머스지를 푸른색으로 변화시키고 무색의 페놀프탈레인용액을 분홍색으로 변화시킨다. 수산화나트리움과 수산화칼시움은 비금속산화물과 반응하며 산과도 반응한다.

이러한 성질을 포함하여 염기가 나타내는 일반성질을 **염기성**이라고 부른다.

수산화나트리움과 수산화칼시움이 다같은 성질, 염기성을 나타내는것은 무엇때문인가.

수산화나트리움과 수산화칼시움은 다 이온결정이며 센전해질이다. 그러므로 수용액에서 다음과 같이 해리된다.

$$NaOH = Na^{+} + OH^{-}$$
$$Ca(OH)_2 = Ca^{2+} + 2OH^{-}$$

수산이온

이처럼 두 물질은 수용액에서 해리되여 음이온으로서 다같이 수산이온 OH^{-}만을 내놓는다. 수산이온 OH^{-}가 염기성을 나타내게 한다.

염기란 수용액에서 해리되여 음이온으로서 수산이온 OH^{-}만을 내놓는 화합물을 말한다. 염기는 금속원소와 수산기 (OH)로 이루어져있다.

염기는 어떻게 나누는가

염기의 분류 표 2-2

분류기준	분 류	례
물에 잘 용해되는가 안되는가에 따라	물에 잘 용해되는 염기(알카리)	NaOH , $Ca(OH)_2$, KOH, $Ba(OH)_2$
	물에 용해되지 않는 염기	우의 알카리를 내놓은 나머지 염기들
금속이온의 이온가(해리될 때 내놓는 OH^{-}의 개수)에 따라	1가 염기	NaOH, KOH
	2가 염기	$Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$

염기들가운데서 물에 잘 용해되는 염기를 **알카리**라고 부른다.

※ 알카리라는것은 아랍말로 《재》라는데서 유래되였다. 나무를 태운 재를 물에 용해시켜 우려낸 물은 미끈거리고 빨래도 잘되였다. 그 재물에는 KOH가 들어있으므로 KOH와 같이 물에 잘 용해되는 염기를 알카리라고 부르게 된것이다

ⓘ 수산화마그네시움 $Mg(OH)_2$, 수산화철 $Fe(OH)_3$은 몇가염기인가?

염기의 화학식을 어떻게 세우는가

염기에서 금속양이온의 이온가와 수산음이온의 이온가의 합이 0이라는데로부터 밑수를 구하면 된다.

례: 수산화바리움의 화학식세우기

바리움이온의 이온가 2+

수산이온의 이온가 1-

밑수는 (2+)×□+(1-) ×□=0

(2+)×[1]+(1-)× [2]=0

즉 수산기의 개수는 금속이온의 이온가와 수자상 같다.

그러므로 수산화바리움의 화학식은 $Ba(OH)_2$이다.

※ 수산화바리움 $Ba(OH)_2$의 포화수용액을 **바리트수**라고도 부른다.

염기의 이름을 어떻게 부르는가

염기를 만드는 양성원소(금속원소)의 이름앞에 《수산화》라는 말을 붙여 부른다.

례: NaOH 《수산화》+나트리움→수산화나트리움

$Ca(OH)_2$ 《수산화》+칼시움→수산화칼시움

한가지 금속이 두가지 염기를 만들 때에는 금속의 산화수를 염기의 이름뒤에 로마수자로 밝혀 부른다.

례: $Fe(OH)_2$ 수산화철(Ⅱ)

$Fe(OH)_3$ 수산화철(Ⅲ)

용액의 산성과 염기성

산은 그 수용액에 수소이온 H^+가 있으므로 신맛이 있고 푸른 리트머스지를 붉은색으로 변화시킨다. 이때 용액은 산성을 띠고있다고 한다.

염기는 그 수용액에 수산이온 OH^-를 가지고있으므로 미끈거리며 붉은 리트머스지를 푸른색으로 변화시킨다. 이때 용액은 염기성 또는 알카리성을 띠고있다고 한다.

수용액에 H^+와 OH^-가 꼭같이 들어있다면 이때에는 산성도 염기성도 아닌 중성용액이다.

리트머스나 페놀프탈레인과 같이 용액이 산성인가 염기성인가에 따라 색이 변하는 물질을 산염기알림약이라고 부른다.

참고 천연색소와 산염기알림약

꽃잎이나 열매의 색소도 산염기알림약으로 쓸수 있다. 나팔꽃의 색소는 산성에서 붉은색, 중성에서 보라색, 염기성에서 푸른색을 나타낸다.

비비추나 오디의 색소도 알림약으로 쓸수 있다.

몰농도계산(%농도로부터 몰농도구하기)

례 1: 98% 류산용액(ρ =1.84g/㎤)의 몰농도는 얼마인가?

풀이: 조건. ω=0.98

ρ =1.84g/㎤

물음. C=?

계산. ① 류산용액 1L의 질량은 얼마인가?

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V = 1.84\text{g/cm}^3 \times 1000\text{cm}^3 = 1840\text{g}$$

② 류산용액 1 840g속에 용질인 H_2SO_4이 몇g 들어있는가?

98% 류산용액이라는것은

류산용액 100g : H_2SO_4 98g

1840g : x

$$x = \frac{98\text{g}}{100\text{g}} \times 1840\text{g} = 1803.2\text{g}$$

③ 류산 1803.2g은 몇mol인가?

H_2SO_4 1mol : 98g

y : 1803.2g

$$y = \frac{1803.2\text{g}}{98\text{g}} \times 1\text{mol} = 18.4\text{mol}$$

즉 류산용액 1L속에 H_2SO_4이 18.4mol 들어있는셈이므로 이 용액의 몰농도는 18.4mol/L이다.

답. 18.4mol/L

례 2: 10% 가성소다용액(ρ =1.175 g/㎤) 3L를 가지고 1mol/L 가성소다용액 몇 L를 만들수 있는가?

풀이: 조건. ω=0.10

ρ =1.175g/㎤

V_1=3L=3000㎤

C=1mol/L

물음. V_2=?

계산. 풀이방향 $C = \frac{n}{V} \rightarrow V = \frac{n}{C}$

(n은 10% NaOH용액 3L라는 조건으로부터 구해야 한다. C는 조건에 주어짐)

① 10% 가성소다용액의 질량은 얼마인가?

$$\rho = \frac{m}{V_1} \rightarrow m = \rho V_1 = 1.175\text{g/cm}^3 \times 3000\text{cm}^3 = 3525\text{g}$$

② 용액 3 525g속에 들어있는 NaOH의 질량은 얼마인가?

10%용액이라는것은 용액 100g : NaOH 10g

3525g : x

$$x = \frac{10\text{g}}{100\text{g}} \times 3525\text{g} = 352.5\text{g}$$

③ NaOH 352.5g은 몇mol인가?

NaOH 1mol : 40g

y : 352.5g

$$\text{y} = \frac{352.5\text{g}}{40\text{g}} \times 1\text{mol} = 8.8\text{mol}$$

결국 10% NaOH용액 3L속에는 NaOH가 8.8mol 들어있는셈이다.

④ NaOH 8.8mol로 1mol/L NaOH용액을 몇L 만들수 있는가?

1mol/L NaOH용액이라는것은

용액 1L : NaOH 1mol

V_2 : 8.8mol

$$V_2 = \frac{8.8\text{mol}}{1\text{mol}} \times 1\text{L} = 8.8\text{L}$$

답. 8.8L

이것을 다음과 같이 계산할수도 있다.

① 10% 가성소다용액의 질량은 얼마인가?

$$\rho = \frac{m}{V_1} \rightarrow m = \rho V_1 = 1.175\text{g/cm}^3 \times 3000\text{cm}^3 = 3525\text{g}$$

② 용액 3 525g속에 들어있는 NaOH의 질량은 얼마인가?

$$\omega = \frac{m_{용질}}{m_{용액}} \rightarrow m_{용질} = \omega m_{용액} = 0.10 \times 3525\text{g} = 352.5\text{g}$$

③ NaOH 352.5g은 몇mol인가?

$$n = \frac{m}{M} = \frac{352.5\text{g}}{40\text{g/mol}} = 8.8\text{mol}$$

④ NaOH 8.8mol로 1mol/L NaOH용액을 몇L 만들수 있는가?

$$C = \frac{n}{V} \rightarrow V = \frac{n}{C} = \frac{8.8\text{mol}}{1\text{mol/L}} = 8.8\text{L}$$

답. 8.8L

탐구 염화수소가 벤졸에서도 H^+를 내면서 해리되겠는가?

사고방향 - 물은 극성분자들로 이루어진 극성용매이다.
벤졸은 무극성분자들로 이루어진 무극성용매이다. 이에 기초하여 염화수소를 무극성용매에 용해시킬 때 어떻게 되겠는가를 따져보아라.
마찬가지로 수산화나트리움이 벤졸에서 OH^-를 내면서 해리되겠는가를 생각해보아라.

문 제

1. 두개의 시험관에 염산과 석회수가 들어있다. 어떻게 갈라볼수 있는가?

2. 10% 수산화나트리움용액(ρ=1.11g/㎤)의 몰농도는 얼마인가? (**답.** 2.775mol/L)

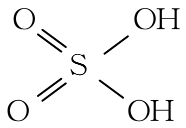
3. 12.25%의 류산용액 200g을 물에 용해시켜 500mL로 되게 했다. 묽게 한 후 용액의 몰농도는 얼마인가? (**답.** 0.5mol/L)

제8절. 량성수산화물

수산화물에는 염기와 옥소산이 있다.

염기와 옥소산을 수산화물이라고 하는것은 염기와 옥소산에 다같이 수산기 OH가 들어있기때문이다.

례: NaOH → Na-OH　　　　H_2SO_4 →



(?) 수용액에서 염기는 어떤 성질을 나타내였고 옥소산은 어떤 성질을 나타내였는가? 그 리유는 무엇인가?

수산화물인 수산화아연 $Zn(OH)_2$은 어떤 성질을 나타내겠는가.

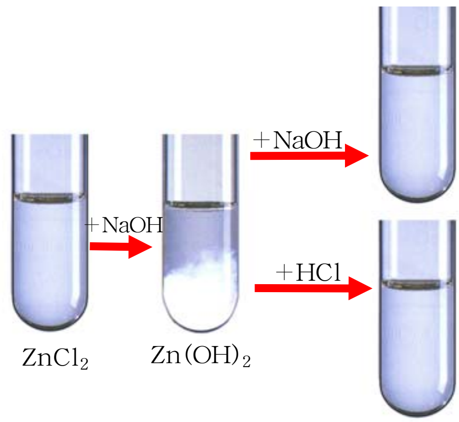


수산화아연의 성질

① 염화아연($ZnCl_2$)용액을 시험관의 1/4정도 넣고 여기에 수산화나트리움용액을 흰 침전물이 생길 때까지 떨구어넣는다.

② 생긴 흰 침전물을 두 시험관에 꼭같이 갈라넣고 한 시험관에는 염산을, 다른 시험관에는 짙은 수산화나트리움용액을 넣는다.

두 시험관에서 침전물이 각각 어떻게 되는가를 살펴본다.



염화아연용액에 수산화나트리움용액을 작용시킬 때 생기는 흰 침전물은 수산화아연 $Zn(OH)_2$이다.

$$ZnCl_2 + 2NaOH = Zn(OH)_2\downarrow + 2NaCl$$

두 시험관에서 침전물이 다 용해되였다는것은 수산화아연이 산과도 반응하고 염기와도 반응했다는것을 보여준다.

$$Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O$$

$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

아연산나트리움

이것은 수산화아연이 염기로서의 성질도 가지고 산으로서의 성질도 가진다는것을 말해준다. 이와 같이 산성과 염기성을 다 나타내는 성질을 **량성**이라고 부르며 산과도 반응하고 염기와도 반응하는 수산화물을 **량성수산화물**이라고 부른다.

량성수산화물은 산성도 염기성도 다 가지기때문에 산형태(H_2ZnO_2)로도, 염기형태($Zn(OH)_2$)로도 그 화학식을 쓸수 있다.

량성수산화물이 산성과 염기성을 다 가지는것은 량성수산화물이 수용액에서 H^+를 내면서 해리되기도 하고 OH^-를 내면서 해리되기도 하기때문이다.

$$2H^+ + ZnO_2^{2-} \leftrightarrows Zn(OH)_2 \leftrightarrows Zn^{2+} + 2OH^-$$

$$(H_2ZnO_2)$$

량성수산화물이 수용액에서 H^+를 내기도 하고 OH^-를 내기도 하는것은 금속원자와 산소원자사이의 결합의 세기가 수소원자와 산소원자와의 결합의 세기와 비슷하기때문이다. 따라서 이러한 분자들은 두 결합이 다 끊어질수 있다.

량성수산화물에는 $Zn(OH)_2$외에도 $Al(OH)_3$, $Sn(OH)_4$, $Pb(OH)_2$ 등이 있다.

문 제

1. 빈자리에 알맞는것을 써넣어라.

   염화알루미니움에 __을 작용시키면 흰색의 __이 생기는데 이것의 화학식은 __이다. 이 침전물에 염산을 작용시키면 반응 ____이 일어나면서 용해된다. 또한 침전물에 가성소다용액을 작용시키면 반응 ____이 일어나면서 용해된다.

2. 수산화알루미니움과 류산, 수산화칼리움과의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

3. 수산화알루미니움과 수산화아연에 열을 주어 물을 떼내면 어떤 물질이 얻어지며 얻어진 물질들은 산성, 염기성, 량성가운데서 어느 성질을 가지겠는가를 말하여라.

4. 3.53% 염산 400g을 물에 용해시켜 500mL로 되게 하였다. 몰농도는 얼마인가?

   (답. 0.77mol/L)

5. 밀도가 $1.2g \cdot cm^{-3}$인 27.3% 류산용액 250mL가 있다. 이 용액의 몰농도는 얼마인가?

   (답. 3.34mol/L)

제9절. 원소주기표에서 수산화물의 성질변화

옥소산과 염기는 수산화물이며 다같이 수산기(OH)를 가지고있다.

그러므로 수산화물의 일반식을 XOH(X-수산화물의 중심원소)로 쓸수 있다.

그러면 XOH가 수용액에서 해리될 때 어떤 때에는 OH^-를 내고 어떤 때에는 H^+를 내겠는가.

수산화물을 이루고있는 중심원소를 자세히 보자.

례를 들어 옥소산인 H_2SO_4의 중심원소인 류황은 음성원소이다.

H_2SO_4의 S-O결합에서 원소들의 전기음성도차는 3.5-2.5=1.0

O-H결합에서 원소들의 전기음성도차는 3.5-2.1=1.4

따라서 O-H결합의 극성>S-O결합의 극성이다.

그러므로 수용액에서 결합의 극성이 보다 큰 O-H결합이 끊어져 H^+를 내게 되며 H_2SO_4은 산성을 나타낸다.

$$H_2SO_4=2H^++SO_4^{2-}$$

중심원소의 전기적음성이 클수록(전기음성도가 클수록) O-H결합이 보다 쉽게 끊어지며 따라서 수산화물의 산성도 세진다.

중심원소가 양성원소인 NaOH는 수용액에서 OH^-을 내며 염기성을 나타낸다.

$$NaOH=Na^++OH^-$$

중심원소의 전기적양성이 클수록(전기음성도가 작을수록) 염기성이 세다.

? NaOH는 수용액에서 왜 OH^-를 내면서 해리되는가?

중심원소의 전기적양성과 전기적음성이 비슷할 때 수산화물은 산으로 해리되기도 하고 염기로 해리되기도 하며 이런 수산화물은 량성을 나타내게 된다.

? 수산화아연 $Zn(OH)_2$이 왜 량성을 나타내는가를 설명하여라.

이렇게 수산화물의 산성과 염기성은 중심원소의 성질에 관계된다.

원소주기표의 주기안에서는 원자번호가 커감에 따라 원소의 전기적음성이 점점 세진다.(원소의 전기음성도가 점점 커진다.) 따라서 수산화물의 산성은 점점 세지며 반대로 염기성은 약해진다.

례: 원소주기표의 3주기의 원소들이 만드는 수산화물의 성질은 다음과 같이 변한다.

중심원소의 전기음성도	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0
	NaOH	$Mg(OH)_2$	$Al(OH)_3$	H_2SiO_3	H_3PO_4	H_2SO_4	$HClO_4$

← 염기성 —— 량성 —— 산성 →

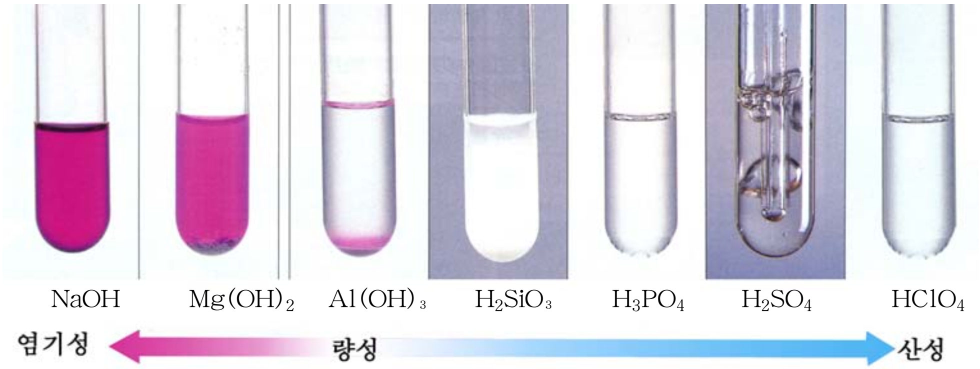


그림 2-14. 3주기 수산화물의 산성, 염기성변화

원소주기표의 족에서는 원자번호가 커감에 따라 원소의 전기적양성이 점점 세지므로(원소의 전기음성도가 점점 작아지므로) 수산화물의 염기성이 점점 세진다. 반대로 산성은 점점 약해진다.

ⓘ 주기에서는 원자번호가 커감에 따라 수산화물의 염기성이 점점 약해지는데 족에서는 왜 반대로 세지는가?

이와 같이 원소주기표에서 수산화물의 산성과 염기성은 원자번호가 커감에 따라 규칙적으로, 주기적으로 변한다.

원소주기표에서 수산화물의 산성, 염기성의 변화 표 2-3

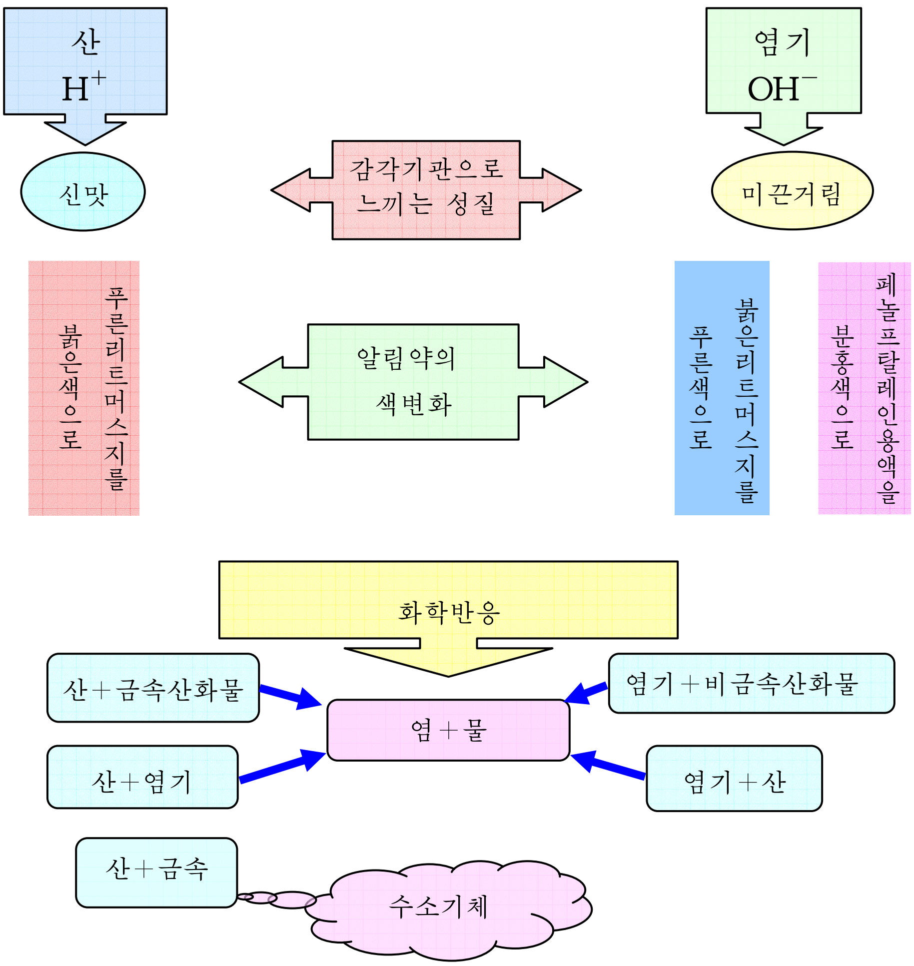
족 / 주기	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
1 2 3 4 5 6 7	↓ 염기성이 세진다, 산성이 약해진다 → 염기성이 약해지고 산성이 세진다 ↑ 염기성이 약해진다, 산성이 세진다 ← 염기성이 세지고 산성이 약해진다

문 제

1. 옥소산과 염기의 화학조성에서와 성질에서의 다른 점을 설명하여라.
2. 주기표에서 1족원소들이 만드는 수산화물의 세기를 대비해보아라.
3. 주기표에서 14족원소의 수산화물들인 탄산 H_2CO_3, 규산 H_2SiO_3의 세기를 대비해 보아라.
4. 주기표를 보고 가장 센 염기를 이룰수 있는 원소를 찾고 그 화학식을 써보아라.

장 종 합

1. 산과 염기의 일반성질



2. 몰농도와 그 의미

몰농도란— 용액 1L에 용해되여있는 용질의 물질량으로 나타낸 농도

의미— 용액 ： 용질

1L ： 1mol→1mol/L용액

1L ： $n$mol→$n$mol/L용액

$$C=\frac{n}{V}=\frac{\frac{m}{M}}{V} \quad [\text{mol/L}]$$

복습문제

1. 다음 표현에서 틀린것을 정확히 고쳐써라.

① 신맛을 가지는 물질은 모두 산이다.

② 분자안에 수소원자가 있는 화합물은 모두 산이다.

③ 모든 산은 금속과 다 반응하며 수소기체를 내보낸다.

2. 아래의 표현에서 틀린것을 정확히 고쳐써라.

① 염기는 모두 물에 잘 용해되며 그 용액은 무색의 페놀프탈레인용액을 분홍색으로 변화시킨다.

② 금속산화물은 모두 알카리이다.

③ 미끈거리는 수용액은 모두 알카리이다.

④ 화학식에 산소원소와 수소원소가 있으면 모두 염기이다.

3. 짙은 염산병과 짙은 류산병의 마개를 열어놓아두면 다같이 묽어진다. 그 원인이 같은가?

4. 4개의 시험관에 짙은 류산, 석회수, 가성소다, 염산 등이 들어있다. 어느 시험관에 무슨 물질이 들어있는지 어떻게 알아낼수 있는가?

5. 용액이 산성인가 염기성인가를 어떻게 알아볼수 있는가?

6. 표준조건에서 이산화질소 2.8L를 얻으려면 동 몇g과 65% 질산 몇g이 있어야 하는가? (**답.** Cu 4g, 65% HNO_3용액 24.2g)

7. 표준조건에서 이산화류황 2.8L를 얻자면 동 몇g과 밀도가 1.84g/㎤인 96% 류산 몇 mL를 반응시켜야 하는가? 이때 얻어지는 류산동은 몇g인가?

(**답.** Cu 8g, 96% 류산용액 13.3mL, $CuSO_4$ 20g)

8. 1g의 KOH와 1g의 HNO_3이 들어있는 용액을 섞어놓았다. 반응후 남아있는 물질은 무엇이며 몇g이 남아있겠는가? (**답.** KOH 0.11g)

9. 밀도가 1.20 g/㎤인 28% 류산용액 20mL(Ⅰ)를 물 80mL로 희석한 용액(Ⅱ)의 밀도는 1.04 g/㎤이다.

ㄱ) 용액 Ⅰ에 들어있는 순수한 류산의 물질량과 질량은 각각 얼마인가?

ㄴ) 용액 Ⅱ는 몇%용액인가?

ㄷ) 용액 Ⅱ 50mL를 중화시키는데 필요한 NaOH는 몇g인가?

(**답.** ㄱ) 0.068 6mol, 6.72g ㄴ) 6.46% ㄷ) 2.74g)

10. 10% 염산 400g을 물에 용해시켜 500mL로 만들었다. 몰농도는 얼마인가?

(**답.** 2.2mol/L)

11. 아연과 동의 혼합물 50g에 묽은 류산을 충분히 반응시켰다. 이때 수소 1.1g이 생겼다. 혼합물의 %조성을 구하여라. (**답.** Zn 71.9%, Cu 28.1%)

염

중화반응

염의 분류와 성질

이온반응

염화나트리움과 탄산나트리움

경수와 연수



제3장. 염

염은 산, 염기와 함께 무기화합물의 한 부류이다.

염은 쓰이는데가 많다. 탄산나트리움은 유리를 만드는데 쓰이며 석회석은 비날론을 비롯한 여러가지 물질들을 얻는데 쓰인다.

이 장에서는 염의 대표물질들의 성질과 그 리용에 대하여 학습하게 된다.

제1절. 중화반응

벌에게 쏘였을 때 염기인 묽은 암모니아수를 바르면 아픔이 멎는다. 무엇때문이겠는가?

중화반응이란

산과 염기가 만나면 어떻게 되겠는가.

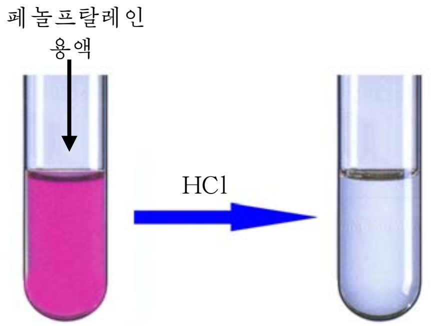


산과 염기와의 반응

① 시험관에 수산화나트리움용액을 2mL 넣고 여기에 페놀프탈레인용액을 1~2방울 떨구어넣는다.

용액이 무슨 색으로 되는가?

② 우의 용액에 묽은 염산을 방울방울 떨구면서 용액의 색변화를 관찰한다.



수산화나트리움용액에 염산을 떨구어넣으면 용액의 염기성이 점차 약해지다가 용액의 색이 무색으로 되는 순간에 용액은 산성도 염기성도 아닌 중성으로 된다.

$$NaOH + HCl = \underset{\text{염화나트리움}}{NaCl} + H_2O$$

중성으로 된 용액을 졸이면 순수한 소금(NaCl)이 얻어진다.(그림 3-1)

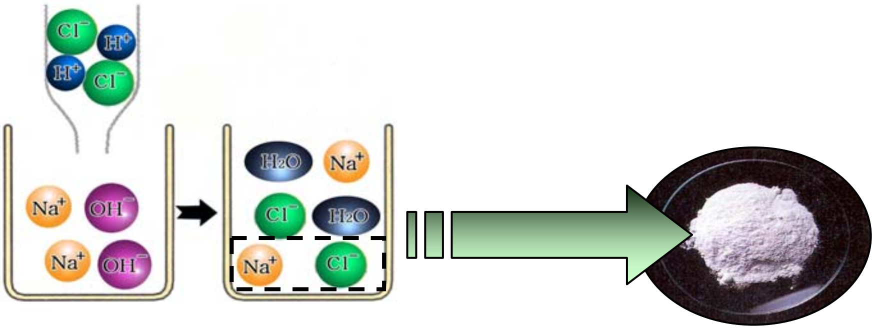


그림 3-1. 수산화나트리움과 염산과의 반응

다른 산과 염기사이에서도 같은 형태의 반응이 일어난다.

례: $Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$
염화칼시움

$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$
류산나트리움

이와 같이 산과 염기가 반응하여 염과 물이 생기는 반응을 **중화반응**이라고 부른다.

중화반응을 어디에 리용하는가

① 토양개량에 리용된다.

벼, 강냉이와 같은 농작물들은 다 자기가 자라는데 알맞는 산도에서 잘 자란다.

토양의 산도가 작물의 성장에 알맞지 않으면 산 또는 염기를 첨가하여 토양의 산도를 맞추어주어야 한다.

만약 토양이 산성이라면 소석회를 쳐서 중화시켜야 한다.

② 공장의 페수를 처리하는데 리용된다.

공장에서 생산에 리용되고 오염된 물은 반드시 잘 처리하여 강물에 흘러들게 하여야 한다.

실례로 류산생산공장의 페수에는 류산을 비롯한 물질들이 섞여있는데 소석회를 리용하여 중화처리할수 있다.

? 이 중화반응의 화학방정식을 써보아라.

③ 의약부문에서 리용된다.

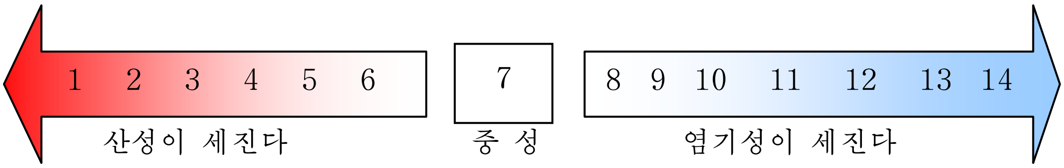
사람들의 위속에는 0.5%정도의 위산(염산)이 들어있어 소화를 돕는다. 위의 산도를 보장하자면 알카리성음식물과 산성음식물을 적당히 배합하여 먹어야 한다. 그러나 식생활을 잘하지 못하여 과산환자들처럼 위의 산도가 정상산도보다 높으면 위아픔을 느끼군 한다. 이때 의사의 지시에 따라 초과된 위산을 중화시키기 위하여 염기성물질이 포함된 약(례: 건위알약)을 먹을수 있다.

용액의 산성, 염기성의 세기는 무엇으로 나타내는가

우리가 생활하거나 공장에서 생산을 할 때 용액의 산성이나 염기성의 세기를 꼭 알아야 할 필요가 있다.

용액의 산성과 염기성의 세기는 pH(페하)로 나타낸다. pH의 범위는 1~14까지이다.

용액이 산성일 때 pH<7	용액이 중성일 때 pH=7	용액이 염기성일 때 pH>7



pH를 재는 가장 간단한 방법은 pH지를 사용하는것이다.

시험하려는 용액을 유리막대기로 찍어 pH지에 묻혀본다. 이때 나타난 색변화를 표준색계렬과 맞추어보면 용액의 pH를 알수 있다.(그림 3-2)

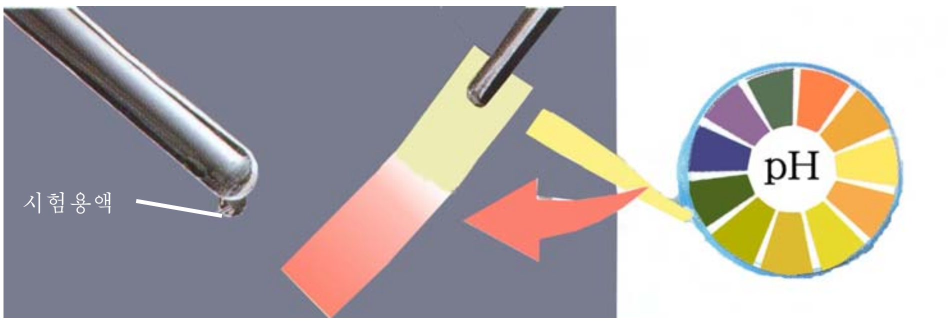


그림 3-2. pH지와 표준색계렬

문 제

1. 일정한 질량의 류산을 완전히 중화하는데 일정한 질량의 수산화나트리움으로 만든 용액이 필요하다. 만일 같은 질량의 수산화칼리움으로 용액을 만들어 그 류산을 중화시켰다면 반응후 얻어진 용액은 (　)이다.

① 염기성　② 중성　③ 산성　④ 확정하기 어렵다

2. 다음의 물질들을 만들려면 어떤 산과 염기를 반응시켜야 하겠는가?

$NaCl$, $CaCl_2$, $Cu(NO_3)_2$, $BaSO_4$, $FeCl_3$

3. 《화학반응결과 물이 생기는 반응은 모두 중화반응이다.》라고 말할수 있는가? 례를 들어 설명하여라.

4. 어느 한 협동농장에서 산성화된 토양을 개량하기 위하여 소석회를 치려고 한다. 리론적으로 정보당 800kg의 소석회가 요구되는데 농장의 논발면적은 700정보이다. 뿌린 소석회의 80%가 효과를 나타낸다고 한다면 불순물이 20% 섞인 소석회가 얼마나 요구되겠는가? (**답.** 875t)

5. 0.8mol/L 류산용액 250mL와 0.35mol/L 수산화나트리움용액 400mL를 혼합하였다. 이 용액을 완전히 중화하려면 0.25mol/L 수산화칼리움용액 (　　)mL가 필요하다.

① 104mL　② 1 040mL　③ 280mL　④ 10.4mL

제2절. 염의 분류와 성질

우리가 흔히 쓰는 소금뿐아니라 건설부문에서 많이 쓰이는 대리석(기본성분 $CaCO_3$), 먹는물이나 공장에서 쓰는 물을 깨끗하게 하는데 쓰는 시약인 반토(기본성분 $Al_2(SO_4)_3$)는 모두 염이다.

화학비료로 쓰는 류산암모니움($(NH_4)_2SO_4$)이나 탄산칼리움(K_2CO_3) 역시 염이다.

염이란

ⓘ 류산과 가성소다가 반응하면 무엇이 생기는가?

Na_2SO_4과 같이 산의 H^+을 금속양이온으로 바꾸었거나 염기의 OH^-을 다른 산이온으로 바꾼 화합물을 **염**이라고 부른다.

수용액속에서 염은 금속이온과 산이온으로 해리된다.

$$Na_2SO_4 = 2Na^+ + SO_4^{2-}$$

염은 중화반응에 의해서만 생기는것이 아니다.

염의 생성반응　　　　표 3-1

반 응 물	반응의 례
산+염기	$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$
산+금속	$2HCl + Zn = ZnCl_2 + H_2$
산+금속산화물	$H_2SO_4 + CaO = CaSO_4 + H_2O$
염기+비금속산화물	$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$
금속산화물+비금속산화물	$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$
금속+비금속	$Cu + Cl_2 = CuCl_2$

염의 분류

염에는 Na_2SO_4과 같이 산의 수소이온모두가 다른 양이온으로 바뀐 형태의 정염과 $NaHSO_4$(류산수소나트리움)과 같이 일부만이 바뀐 형태의 수소염, Mg(OH)Cl(염화수산마그네시움)과 같이 염기의 수산이온의 일부만이 음이온으로 바뀐 수산염이 있다.

정염은 다시 다음과 같이 나눌수 있다.

정염의 분류 표 3-2

분류기준	분 류	례		
염의 조성에 들어 있는 금속의 종류에 따라	나트리움염	NaCl,	Na_2SO_4,	Na_2CO_3
	칼리움염	KCl,	K_2SO_4,	K_2CO_3
	마그네시움염	$MgCl_2$,	$MgSO_4$,	$MgCO_3$
염의 조성에 들어 있는 산기의 종류에 따라	류산염	Na_2SO_4,	K_2SO_4,	$MgSO_4$
	질산염	$NaNO_3$,	KNO_3,	$Mg(NO_3)_2$
	탄산염	Na_2CO_3,	K_2CO_3,	$MgCO_3$

염의 화학식을 어떻게 세우는가

금속이온의 이온가와 산이온의 이온가를 알면 화학식을 세울수 있다.

례: 류산알루미니움의 화학식세우기

알루미니움이온의 이온가 3+

류산이온의 이온가 2−

류산알루미니움에서 이온들의 이온가의 합이 0이 되게 Al원자와 류산기의 밑수를 구하면

$$(3+)\times\square + (2-)\times\square = 0$$

$$(3+)\times\boxed{2} + (2-)\times\boxed{3} = 0$$

따라서 류산알루미니움의 화학식은 $Al_2(SO_4)_3$이다.

? 질산마그네시움의 화학식을 세워라.

염의 이름을 어떻게 부르는가

① 옥소산염은 그 염에 해당한 산의 이름뒤에 금속의 이름을 붙여 부른다.

례: Na_2SO_4 류산+나트리움 → 류산나트리움

$CaCO_3$ 탄산+칼시움 → 탄산칼시움

② 수소산염은 비금속원소의 이름뒤에 ≪화≫와 함께 금속원소의 이름을 붙여 부른다.

례: NaCl 염(소)+화+나트리움 → 염화나트리움

KBr 브롬 +화+칼리움 → 브롬화칼리움

염의 성질

염은 보통조건에서 모두 고체이다.
염마다 물에 대한 용해도가 서로 다르다.

몇가지 염들의 물에 대한 용해성 표 3-3

양이온과 음이온	염 의 용 해 성
NO_3^-	모든 염이 다 용해된다.
Cl^-	$AgCl$, Cu_2Cl_2, $PbCl_2$, Hg_2Cl_2을 제외하고는 다 용해된다.
SO_4^{2-}	$BaSO_4$, $SrSO_4$, $PbSO_4$과 적게 용해되는 $CaSO_4$을 제외한 나머지는 다 용해된다.
CO_3^{2-}	정염들중에서 Na_2CO_3, K_2CO_3, $(NH_4)_2CO_3$만 용해된다.
NH_4^+, Na^+, K^+	거의 모든 염이 다 용해된다.

? 표에서 어느 이온이 들어있는 염이 다 용해되는가를 찾아보아라.

염은 어떤 물질들과 반응하겠는가.
① 염은 금속과 반응한다.
염은 모든 금속과 다 반응하며 이때 반응능력이 꼭 같겠는가.



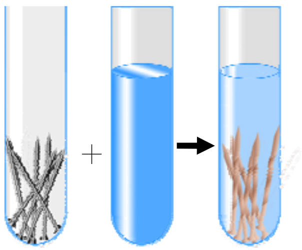
염과 금속과의 반응

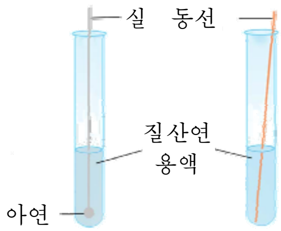
① 시험관에 류산동용액을 넣고 여기에 깨끗이 닦은 쇠못을 넣는다. 얼마 지나서 쇠못겉면에 어떤 변화가 생겼는가를 본다.

② 두개의 시험관에 질산연용액을 넣고 한 시험관에는 실에 매단 아연쪼각을 넣는다. 다른 시험관에는 잘 닦은 동선을 넣는다.

얼마 지나서 아연쪼각과 동선을 꺼내보아라. 어떤 변화가 생겼는가? 변화가 없는것은 어느것인가?

실험에서 나타난 현상으로부터 무엇을 알수 있는가?





쇠못겉면에 나붙은 붉은색의 물질은 동이다. 이것은 류산동에서 동이 철에 의해 쫓겨났다는것을 보여준다. 이로부터 철은 동보다 활성이 세다는것을 알수 있다.

$$CuSO_4 + Fe = \underset{\text{류산철(II)}}{FeSO_4} + Cu \qquad \text{즉 Fe의 활성} > \text{Cu의 활성}$$

두번째 실험에서 아연겉면에 나붙은 검은색의 물질은 연이다.

ⓘ 이 현상으로부터 무엇을 알수 있는가? 화학방정식을 써보아라.

동겉면에서 변화가 없다는것은 철과는 달리 동이 질산연용액에서 연을 쫓아내지 못했다는것을 보여준다. 이로부터 동은 연보다 활성이 약하다는것을 알수 있다.

따라서 활성은 Zn >Pb >Cu이다.

이렇게 염은 모든 금속과 다 반응하는것이 아니라 염자체에 들어있는 금속보다 활성이 센 금속과만 반응한다. 이때 그 반응정도(활성)는 금속마다 다르다.

금속들을 활성이 큰것으로부터 작은것으로 차례로 놓을수 있다. 이것을 **금속의 활성차례**라고 부른다.

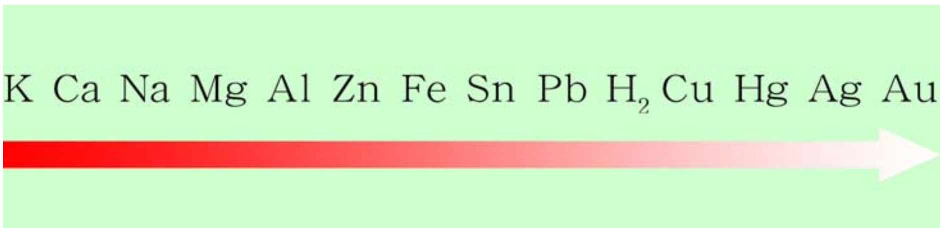


그림 3-3. 금속의 활성차례

금속의 활성차례로부터 무엇을 알수 있는가.

금속의 활성차례에서 보다 앞에 있는 금속은 뒤에 있는 금속을 그 염용액에서 내보낼수 있으나 뒤에 있는 금속은 앞에 놓인 금속을 그 염용액에서 내보낼수 없다.

수소보다 앞에 있는 금속은 산에서 수소를 내보내지만 뒤에 있는 금속은 수소를 내보내지 못한다.(그림 3-4)

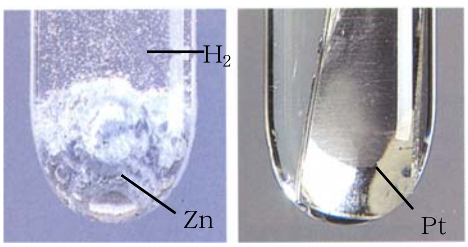


그림 3-4. 산과 금속과의 반응능력비교

ⓘ 아연, 마그네시움은 염산에서 수소를 내보낼수 있는가? 화학방정식으로 나타내여라.

② 염은 다른 염과 반응하여 새로운 두가지 염을 만든다. 이때 침전물이 생겨야 한다.

례: $Na_2SO_4 + BaCl_2 = \underset{\text{흰 침전물}}{BaSO_4\downarrow} + 2NaCl$

③ 염은 산과 반응하여 새로운 염과 새로운 산을 만든다. 이때 기체나 침전물 또는 약전해질이 생겨야 한다.

례: $Na_2CO_3+2HCl=2NaCl+H_2O+CO_2\uparrow$

$BaCl_2+H_2SO_4=BaSO_4\downarrow+2HCl$

④ 염은 염기와 반응하여 새로운 염과 새로운 염기를 만든다. 이때 기체나 침전물이 생겨야 한다.

례: $Na_2CO_3+Ca(OH)_2=CaCO_3\downarrow+2NaOH$

$NH_4Cl+NaOH=NaCl+NH_3\uparrow+H_2O$

참 고 **중화반응에서 수소염과 수산염은 어떻게 생기는가**

중화반응에서 산과 염기의 H^+과 OH^-이 같은 물질량으로 존재하면 반응의 결과로 용액안에는 산도 염기도 남지 않고 염만 존재하게 된다.

례: 류산 1mol과 수산화나트리움 2mol이 만나면 아래와 같이 중화반응이 일어난다.

$$H_2SO_4+2NaOH=Na_2SO_4+2H_2O$$

이 반응에 의하여 류산나트리움(Na_2SO_4)만 용액에 남게 된다.

그러나 만일 존재하는 수산화나트리움의 량이 류산의 절반밖에 되지 않을 경우 (수산화나트리움이 1mol인 경우)에는 중화반응이 다르게 진행된다.

$$H_2SO_4+NaOH=NaHSO_4+H_2O$$

이때 용액안에는 류산나트리움만이 아니라 류산수소나트리움($NaHSO_4$)도 존재하게 된다.

이와 같이 산이 2가이상일 경우에는 산분자안의 수소가 다 금속원자들로 바뀌지 않고 일부가 남아있는 염이 생길수 있다. 이런 염이 수소염이다.

염기가 2가이상일 경우에도 수산기의 전부가 산기로 바뀌지 않고 일부 수산기가 남아있는 염이 생길수 있다. 이런 염이 수산염이다.

몰농도계산(혼합용액의 몰농도계산)

례: 0.25mol/L H_2SO_4용액 250mL에 0.5mol/L H_2SO_4용액 750mL를 섞은 용액의 몰농도는 얼마인가?(체적변화는 무시한다.)

풀이: 조건. $C_1=0.25mol/L$

$V_1=250mL=0.25L$

$C_2=0.5mol/L$

$V_2=750mL=0.75L$

물음. $C=?$

계산. ① 0.25mol/L H_2SO_4용액 250mL의 물질량 $n_1=?$

0.25mol/L용액이라는것은 1L : 0.25mol

0.25L : n_1 n_1=0.062 5mol

② 0.5mol/L용액 750mL의 물질량 n_2=?

1L : 0.5mol

0.75L: n_2 n_2=0.375mol

③ 혼합했을 때 용액의 몰농도는

$$C=\frac{n_1+n_2}{V_1+V_{2.}}=\frac{(0.0625+0.375)\text{mol}}{(0.25+0.75)\text{L}}=0.4375\text{mol/L}$$

이것을 몰농도식으로 다음과 같이 계산할수 있다.

$$C=\frac{n}{V}=\frac{n_1+n_2}{V_1+V_{2.}}=\frac{C_1V_1+C_2V_2}{V_1+V_2}=\frac{(0.25\times0.25+0.5\times0.75)\text{mol}}{(0.25+0.75)\text{L}}=$$

$$=\frac{(0.0625+0.375)\text{mol}}{1\text{L}}=0.4375\text{mol/L}$$

답. 0.437 5mol/L

문 제

1. 아래의 물질들사이에 반응이 일어날수 있는것만 골라써라.

ㄱ) 류산동과 수은 ㄴ) 염화칼리움과 철

ㄷ) 질산바리움과 류산알루미니움 ㄹ) 류산동과 알루미니움

2. 금속 B는 묽은 류산과 반응할수 있고 금속 A와 C는 묽은 류산과 반응할수 없다. A를 C의 질산염용액속에 넣으니 A의 표면에 C가 석출되였다. 금속 A, B, C의 활성차례는 ___이다.

3. 류산동용액에 철판을 잠그었더니 그의 질량이 1.2g 커졌다. 석출된 동의 질량은 ___이다.

ㄱ) 9.6g ㄴ) 10g ㄷ) 9.7g ㄹ) 9.8g

4. 43mL의 류산용액(ρ=1.14g/㎤)에 50g의 20.8% $BaCl_2$용액을 넣었다.
충분히 반응시킨 후 보니 류산이 남았다. 침전물을 려과하였다. 려액중에 32g의 25% NaOH용액을 넣을 때 용액은 중성을 띠였다. 처음 류산용액의 %농도는 얼마인가? (32g의 25% NaOH용액은 반응에서 생긴 HCl과 남은 H_2SO_4의 중화에 소비된다는데 주의하여라.) (**답.** 20%)

5. 2mol/L 류산용액 150mL와 4mol/L 류산용액 350mL를 섞을 때 생기는 용액의 몰농도는 ____이다.

ㄱ) 3.4mol/L ㄴ) 78% ㄷ) 6.8mol/L ㄹ) 68%

6. 4mol/L 수산화나트리움용액 250mL와 6mol/L 수산화나트리움용액 50mL를 혼합하였다. 얻어진 용액의 몰농도는 _____이다.

ㄱ) 4.33mol/L ㄴ) 5mol/L ㄷ) 43.3mol/L ㄹ) 2mol/L

제3절. 이온반응

이온반응이란

산과 염기와의 중화반응의 본질을 밝혀보자.

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

여기서 HCl, NaOH, NaCl은 모두 물에 잘 용해되는 센전해질이다.

그러므로 화학방정식은 다음과 같이 쓸수 있다.

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- = Na^+ + Cl^- + H_2O$$

이와 같이 HCl용액과 NaOH용액을 섞었을 때 Na^+과 Cl^-은 용액속에 그대로 있고 물이 새로 생겼다. 이것은 H^+과 OH^-이 결합되여 생긴 것이다.

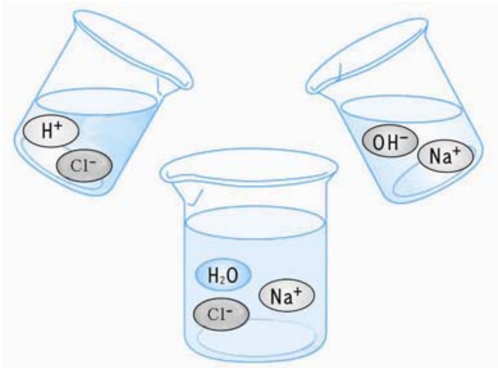


그림 3-5. HCl용액과 NaOH 용액과의 중화반응

$$H^+ + OH^- = H_2O$$

이와 같이 이온이 참가하는 반응을 **이온반응**이라고 부르며 실제로 반응에 참가한 이온만으로 나타낸 방정식을 **이온방정식**이라고 부른다.

이온반응에는 산화수변화가 없는 이온반응(이온교환반응)과 산화수변화가 있는 이온반응이 있다.

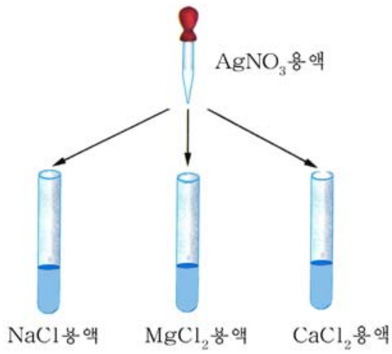
이온방정식을 왜 따로 내왔는가



용액속에서의 이온반응

적은 량의 NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$ 용액을 3개의 시험관에 넣고 각각 질산은용액을 떨구어 넣는다. 어떤 변화가 생기는가?

3개의 시험관에서 나타나는 현상이 같은가 다른가?





ⓘ 실험에서 진행된 3가지 반응의 화학방정식을 세워라. 그리고 이 반응들에서 실지 반응에 참가한 이온들은 어느것인가를 밝히고 이온방정식을 쓰라.

우의 3가지 반응은 서로 다른 물질들사이의 반응이지만 이온반응은 같다. 그것은 반응물인 NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$이 다 염화물이기때문이다.

이온방정식은 이렇게 이온반응의 본질을 더욱 명백히 나타낸다.

이온방정식은 일반화학방정식과는 다르다. 이온방정식은 주어진 물질들사이의 반응을 나타낼뿐아니라 같은 이온들을 가진 물질들사이의 반응도 나타낸다.

이온방정식세우기

탄산칼시움과 염산과의 반응을 실례로 보기로 하자.

① 일어난 반응의 화학방정식을 쓴다.

$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+CO_2\uparrow+H_2O$$

② 물에 잘 용해되는 센전해질만을 이온식으로 쓴다. 잘 용해되지 않는 전해질, 기체 및 약전해질은 화학식 그대로 쓴다.

$$CaCO_3+2H^++2Cl^-=Ca^{2+}+2Cl^-+H_2O+CO_2\uparrow$$

③ 반응에 참가한 이온들만으로 이온방정식을 쓴다.

$$CaCO_3+2H^+=Ca^{2+}+H_2O+CO_2\uparrow$$

산과 금속과의 치환반응, 염과 금속과의 치환반응도 이온반응이다. 그러므로 이온방정식으로 나타낼수 있다.

례: $Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2\uparrow$

$Zn+2H^+=Zn^{2+}+H_2\uparrow$

$CuSO_4+Fe=FeSO_4+Cu$

$Cu^{2+}+Fe=Fe^{2+}+Cu$

이온교환반응이 일어나기 위한 조건

수용액속에서 이온교환반응이 일어나자면 다음과 같은 조건이 있어야 한다.

① 이온들사이의 반응에서 침전물이 생겨야 한다.

생긴 물질이 침전물인가 아닌가를 판단하려면 어떤 물질이 물에 용해되며 또 어떤 물질들이 실제로 용해되지 않는가 하는것을 알아야 한다.(부록을 보라.)

례: 류산나트리움과 염화바리움용액사이의 반응에서는 흰 침전물인 류산바리움이 생긴다.

$$Na_2SO_4+BaCl_2=BaSO_4\downarrow+2NaCl$$

$$Ba^{2+}+SO_4^{2-}=BaSO_4\downarrow$$

이 반응은 류산염의 검출반응이며 염화바리움은 류산염의 검출시약이다.(그림 3-6)

$BaSO_4$은 물에 용해되지 않을뿐아니라 염산, 류산, 질산에도 용해되지 않는다.



그림 3-6. 류산염의 검출반응

? 류산칼리움용액과 염화바리움용액과의 화학방정식과 이온방정식을 쓰라.

② 이온들사이의 반응에서 기체물질이 생겨야 한다.

례: 탄산나트리움용액과 류산이 반응하면 탄산가스가 생긴다.

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2\uparrow$$
$$CO_3^{2-} + 2H^+ = H_2O + CO_2\uparrow$$

※ 이온교환반응에서 생길수 있는 기체물질: H_2, CO_2, SO_2, HCl, H_2S 등

③ 이온들사이의 반응에서 물과 같은 약전해질이 생겨야 한다.

례: 류산과 수산화나트리움과의 중화반응에서 물이 생긴다.

$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$
$$2H^+ + 2OH^- = 2H_2O$$

초산나트리움과 염산과의 반응에서는 약전해질인 초산이 생긴다.

$$CH_3COONa + HCl = NaCl + CH_3COOH$$
$$CH_3COO^- + H^+ = CH_3COOH$$

문 제

1. 아래의 물질들가운데서 류산칼리움용액, 염화철(Ⅱ)용액, 염산과 모두 반응할수 있는것은 ( )이다.

ㄱ) $Ba(OH)_2$용액 ㄴ) $Ba(NO_3)_2$용액 ㄷ) NaOH용액 ㄹ) K_2CO_3용액

2. 다음 물질들사이의 화학방정식을 쓰고 이온반응을 찾아 이온방정식으로 나타내여라.

ㄱ) 산화동과 탄소 ㄴ) 염화바리움과 류산

ㄷ) 나트리움과 물 ㄹ) 산화칼시움과 염산

3. 이온방정식이 $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$으로 되는 반응은 ( )이다.

ㄱ) $BaCO_3$과 HCl ㄴ) $PbSO_4$과 $BaCl_2$

ㄷ) $CaSO_4$과 $Ba(NO_3)_2$ ㄹ) $BaCl_2$과 K_2SO_4

4. Na^+, Cu^{2+}, Pb^{2+}, Ag^+이온들이 섞인 용액을 만들자면 어떤 염들을 물에 용해시켜야 하는가?

5. 밀도가 1.46g/㎤인 58% H_2SO_4용액 250mL에 밀도가 1.84g/㎤인 96% H_2SO_4용액 500mL를 넣으면 몰농도가 얼마로 되겠는가? (**답**. 14.9mol/L)

제4절. 염화나트리움과 탄산나트리움

염화나트리움과 탄산나트리움은 염의 중요한 대표물질들중의 하나이다.

염화나트리움(소금 NaCl)

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《사람은 소금을 먹지 않고는 살아갈수 없습니다. 사람이 소금을 먹지 못하면 손발이 붓고 맥이 없어져 움직이지 못하게 됩니다.》

사람은 하루에 10~15g정도의 소금을 먹어야 한다.

사람이 소금을 먹지 못하면 손발이 붓고 맥이 없어져 생명활동을 정상적으로 할수 없게 된다.(피의 삼투압은 언제나 일정한 정도로 유지되는데 그것은 중요하게 소금때문이다.)

소금은 쓰이는데가 많다.(그림 3-7)



그림 3-7. 소금의 리용

이렇게 염화나트리움이 인간생활에서 귀중하고 공업적으로도 매우 중요한 물질이기때문에 소금은 작은 금이라는 의미에서 그 이름을 소금이라고 부른것이다.

소금은 어떻게 얻는가

바다는 소금을 얻는 가장 큰 원천이다. 소금은 바다물에 2.7%정도 들어있다.

우리 나라는 세면이 바다로 둘러싸여있으므로 소금자원이 매우 풍부하다.

바다물을 소금밭에 끌어들여 해빛과 바람으로 물을 증발시키면 마지막에는 소금이 남게 된다. 이 방법을 **볕소금법**이라고 부른다.(그림 3-8)

소금은 땅속에서도 캐여낸다. 먼 옛날 바다였던것이 지각변동으로 땅에 묻혀서 생

겨난것이 고체소금이다. 땅속에서 캐여낸 소금을 **돌소금**이라고 부른다.

위대한 령도자 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라에는 동해안과 서해안의 여러곳들에 많은 소금밭들과 정제소금공장들이 일떠서 깨끗하고 맛좋은 소금을 많이 생산하여 인민생활과 나라의 화학공업에 크게 이바지하고있다.



그림 3-8. 소금밭

소금의 성질

소금은 800℃에서 녹는다. 소금은 물에 잘 용해되는데 용해도는 온도에 따라 크게 변하지 않는다.

순수한 소금은 공기중의 습기를 흡수하지 않는다. 그러나 소금밭에서 생산한 막소금은 습기를 흡수하여 눅눅해지거나 녹아내린다. 그것은 막소금에 습기를 잘 흡수하는 서슬(염화마그네시움 $MgCl_2$)이 들어있기때문이다.

※ 막소금의 조해현상을 없애려면 막소금에 열을 주어야 한다.
막소금을 넣은 자루를 매달아서 소금속에 섞인 서슬이 녹아서 흘러내리게 할수도 있다.

ⓘ 염화마그네시움처럼 공기중의 습기를 빨아들여 저절로 용해되는 현상을 무엇이라고 하며 또 어떤 물질들이 있는가?

소금 NaCl처럼 염소원소와 다른 한가지 원소만으로 이루어진 화합물을 **염화물**이라고 부른다.

례: 염화칼리움 KCl
염화마그네시움 $MgCl_2$
사염화탄소 CCl_4

ⓘ 소금을 포함한 염화물의 성질을 자체로 말해보아라.

염화물을 어떻게 알아내는가.

염화물용액에 질산은 $AgNO_3$을 작용시키면 흰 침전물인 염화은 AgCl이 생긴다.(그림 3-9)

$$Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow$$

흰 침전물



그림 3-9. 염화물의 검출반응

AgCl은 물에뿐만아니라 염산, 류산, 질산에도 용해되지 않는다. 이렇게 질산은처럼 다른 물질을 알아내는 시약을 **검출시약**이라고 부른다.

질산은은 염화물을 알아내는 검출시약이다.

질산은이 염화물을 알아내는 검출시약으로 되는것은 무엇때문인가.

그것은 염화물들가운데서 은염 AgCl이 용해도가 제일 작은 침전물이기때문이다.

그러므로 염화물들을 AgCl로 침전시키는것이 제일 좋다. 그리고 은의 화합물들 가운데서는 $AgNO_3$만이 물에 잘 용해되므로 질산은이 염화물을 알아보는 검출시약으로 된다.

? 질산은을 리용하여 염화물을 알아내는 반응의 화학방정식을 세가지 써보아라.

탄산나트리움(Na_2CO_3)

탄산나트리움은 탄산염의 하나이다.

탄산나트리움은 물에 잘 용해되는 흰 가루상태의 물질이다.

보통 탄산나트리움은 결정수화물인데 그 화학식은 $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$이다.

탄산나트리움의 결정수화물 $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$처럼 용매인 물분자가 함께 들어있는 결정을 **결정수화물**이라고 부른다. 그리고 결정수화물에 들어있는 물을 **결정수**라고 부른다.

참고 — 몇가지 결정수화물

류 산 동	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$
염화마그네시움	$MgCl_2 \cdot 2H_2O$
석고(류산칼시움)	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
망초(류산나트리움)	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
록반(류산철)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$

탄산나트리움결정은 보통온도에서 마른 공기속에 놓아두면 점차 결정수를 잃고 흰 가루상태로 된다.(그림 3-10)

$$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O \xrightleftharpoons{\text{마른 공기속에서}} Na_2CO_3 + 10H_2O$$

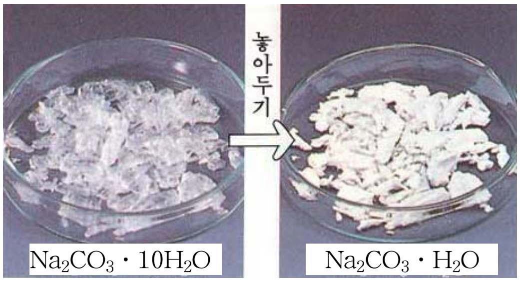


그림 3-10. 탄산나트리움의 풍해

결정수화물이 공기속에서 저절로 결정수를 잃고 가루상태로 되는 현상을 **풍해**라고 부른다.

참고 — 수화와 결정수화물

소금을 물에 넣으면 소금결정의 이온들과 물분자들사이의 정전기적끌힘에 의하여 이온결합이 끊어져 Na^{+}와 Cl^{-}이 물속으로 떨어져나온다. 떨어져나온 Na^{+}와 Cl^{-}은 물분자와 정전기적끌힘에 의하여 결합된 상태로 확산되여 용액을 이룬다. 이때 용질알갱이(이온 또는 분자)가 용매분자와 결합하는것을 용매화라고 부르며 용매가 물인 경우에는 수화라고 부른다. 수화된 상태에서 용액으로부터 용질이 석출될 때 수화되여있던 물분자가 떨어지지 않고 용질과 함께 결정을 이룰수 있다. 그리하여 결정에 용매인 물분자가 함께 들어있는 결정수화물이 생긴다.

결정수화물들은 일반적으로 물에 잘 용해된다.

염들은 대체로 이온결합으로 이루어진 이온결정이다. 이온결정은 그것을 이루고있는 이온들이 수화되기 쉽기때문에 대부분이 물에 잘 용해되지만 염화은 AgCl, 류산바리움 $BaSO_4$과 같은 물질들은 용해되지 않는다.

? 조해와 풍해는 어떻게 다른가?

탄산나트리움이 물에 용해되면 일부가 물과 반응하여 수산화나트리움 NaOH를 만들므로 용액은 염기성을 띤다.

$$Na_2CO_3+H_2O=NaHCO_3+NaOH$$

이 성질을 리용하여 탄산나트리움을 기구나 그릇을 씻는데 쓴다.

탄산나트리움에 산을 작용시키면 어떻게 되겠는가.

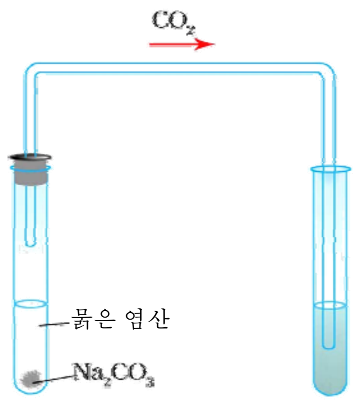
실험 — 탄산나트리움과 염산과의 반응

① 시험관에 탄산나트리움결정을 조금 넣고 여기에 염산을 시험관의 1/4정도 부어넣는다.

② 기체가 나오는 시험관아구리에 성냥불을 대여본다. 성냥불이 어떻게 되는가?

③ 시험관에 기체유도관이 달린 고무마개를 막고 나오는 기체를 석회수속으로 통과시킨다. 석회수에서 어떤 변화가 일어나는가?

이 반응은 무슨 물질의 검출반응인가?



탄산나트리움에 염산을 작용시키면 탄산가스 CO_2을 내면서 반응한다.

$$Na_2CO_3+2HCl=2NaCl+H_2O+CO_2\uparrow$$

생긴 CO_2을 석회수에 통과시켜 탄산가스인가를 확인해본다.

? CO_2의 검출반응을 자체로 써보아라.

모든 탄산염들은 산과 반응하여 탄산가스 CO_2을 내보낸다.

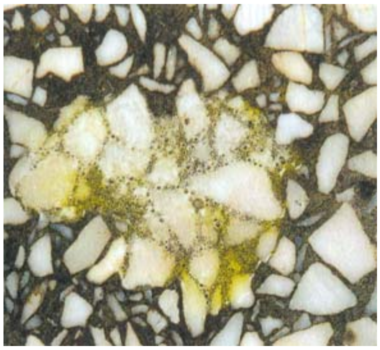


그림 3-11. 탄산칼시움으로 된 건축재료의 염산에 의한 부식

$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+CO_2\uparrow+H_2O \text{(그림 3-11)}$$
$$MgCO_3+2HCl=MgCl_2+CO_2\uparrow+H_2O$$
$$NaHCO_3+HCl=NaCl+CO_2\uparrow+H_2O$$

(이 반응의 원리를 리용하여 빵을 만들 때 중조를 넣어 부풀게 한다.)

탄산염과 산과의 반응은 기체가 생기는 이온반응이다.

$$CO_3^{2-}+2H^+=H_2O+CO_2\uparrow$$
$$HCO_3^-+H^+=H_2O+CO_2\uparrow$$

? 물에 용해되지 않는 탄산염들인 $CaCO_3$, $MgCO_3$과 염산과의 반응의 이온방정식을 써보아라.

그러므로 탄산염과 산과의 반응은 탄산염을 알아내는 검출반응이며 산은 탄산염의 검출시약이다.(그림 3-12)



그림 3-12. 탄산염의 검출반응

$NaHCO_3$은 불안정하므로 가열하면 쉽게 분해된다.

$$2NaHCO_3=Na_2CO_3+H_2O+CO_2\uparrow$$

이 반응을 리용하여 Na_2CO_3과 $NaHCO_3$을 갈라볼수 있다.

알카리금속의 탄산염을 제외한 탄산염들은 높은 온도로 열을 주면 분해된다.

$$CaCO_3\overset{\text{열}}{=}CaO+CO_2\uparrow$$

$$MgCO_3\overset{\text{열}}{=}MgO+CO_2\uparrow$$

이 반응을 리용하여 우리 나라에서는 석회석($CaCO_3$)을 분해하여 생석회(CaO)를 만들며 마그네사이트($MgCO_3$)를 분해하여 마그네샤크링카(MgO)를 만든다.

자연계에는 탄산염으로 된 광석이 많다. 그가운데서 중요한것은 탄산칼시움으로 된 광석과 탄산마그네시움으로 된 광석이다.

탄산칼시움으로 된 광석으로는 대리석, 석회석 같은것을 들수 있다.





그림 3-13. 탄산칼시움은 건축재료로 쓰인다.

조개껍질이나 닭알껍질에는 탄산칼시움이 많이 들어있다.

ⓘ 김치가 시여졌을 때 닭알껍질을 넣는것은 무엇때문인가?

문제

1. 벽에 회칠할 때 소금을 넣는것이 좋다. 그 리유가 정확한것은 (　　)이다.

ㄱ) 벽에 회칠한것이 묻어나지 않아서 좋다.

ㄴ) 벽에 회칠한것이 희여지기때문이다.

ㄷ) 막소금에 섞여있는 서슬이 조해성을 가지므로 공기속의 습기를 빨아들여 천천히 마르면서 생기는 탄산칼시움이 벽에 붙어 희여지기때문이다.

2. 생리적식염수는 0.85% 소금용액이다. 이 용액 20kg을 만들려면 정제소금과 증류수가 각각 ___과 ___이 있어야 한다. 정제소금을 얻으려면 불순물이 8% 섞인 막소금이 ___필요하다.

ㄱ) 170g, 19.83kg, 184.8g　　ㄴ) 340g, 198kg, 19.4g

ㄷ) 17g, 1.9kg, 20g

3. 다음 탄산염들을 같은 질량의 염산과 반응시킬 때 생기는 탄산가스의 체적이 가장 큰것은 (　　)이다.

ㄱ) Na_2CO_3　ㄴ) $NaHCO_3$　ㄷ) K_2CO_3　ㄹ) $CaCO_3$

4. 탄산나트리움 $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ 8.58g을 66.42mL의 물에 용해시켰다. 이 용액의 % 농도는 얼마인가?(**답**. 4.24%)

5. 색이 없는 용액에 염화바리움시약을 넣었는데 흰색의 침전물이 생겼다. 다시 짙은 질산을 넣어도 침전물이 없어지지 않았g다. 색이 없는 이 용액에 들어있는 이온에 대하여 아래의 내용에서 정확한것은 (　　)이다.

ㄱ) 반드시 류산이온이 들어있다.

ㄴ) 반드시 은이온이 들어있다.

ㄷ) 반드시 류산이온 혹은 은이온이 들어있다.

참고 석회동굴은 어떻게 형성되였는가?

위대한 수령 **김일성**대원수님과 위대한 령도자 **김정일**대원수님께서 우리 인민들에게 돌려주신 뜨거운 사랑에 의하여 룡문대굴과 백령대굴, 송암동굴은 천하지하절경을 펼친 세계적인 명승지로 그 이름을 떨치고있다.

이 동굴들은 모두 석회암지대에 생겨난 석회동굴이다.

오랜 세월 석회석바위가 있는 곳에 비물이나 지하수가 흐르면서 석회석을 조금씩 용해시켜 커다란 동굴을 만들고 동굴속에 고드름(종유석)과 석순을 만들었다. 우선 공기속의 탄산가스를 흡수한 비물이나 지하수가 석회석을 용해시켜 물에 용해되는 탄산수소칼시움 $Ca(HCO_3)_2$으로 되게 한다.

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

생긴 $Ca(HCO_3)_2$이 용해되여있는 물이 동굴의 벽이나 천정을 따라 흐르면서 탄산가스와 물은 날아나고 물에 용해되지 않는 $CaCO_3$이 다시 생겨나 고드름처럼 드리우게 된다. 한편 밑에까지 내려온 탄산수소칼시움에 의해 $CaCO_3$이 순처럼 자라나 석순을 형성하게 된다.

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$





제5절. 경수와 연수

경수와 연수란 무엇인가

빨래를 할 때 비누거품이 잘 일어나는 물이 있는가 하면 그렇지 않은 물도 있다. 또 지방마다 물맛도 서로 다르다. 그것은 물속에 어떤 이온들이 얼마나 들어있는가에 관계된다. 즉 Ca^{2+}, Mg^{2+}과 같은 이온들이 서로 다르게 들어있기때문이다. 이 이온들이 많이 들어있으면 비누거품이 잘 일지 않으며 빨래가 잘되지 않는다.

이런 물을 보통 《물이 세다.》고 하며 **경수**라고 부른다.

그리고 Ca^{2+}, Mg^{2+}과 같은 이온들이 적거나 거의 없는 물을 보통 《물이 연하다.》고 하며 **연수**라고 부른다.

경수나 연수에는 Ca^{2+}, Mg^{2+}과 같은 이온들이 탄산수소염이나 류산염형태로 용해되여있다.

경수의 나쁜 점

경수는 보이라관에 물때가 끼게 한다. 겨울에 방을 덥히는 방열관속으로 경수가 흐르면 관안에 물때가 끼게 되며 그만큼 연료를 랑비하게 된다. 보이라관안에 물때가 1㎜만 끼게 되면 석탄이 5％나 랑비된다.

화력발전소의 증기보이라에 물때가 끼면 전기생산에 막대한 지장을 준다. 화학공업에서 경수를 쓰면 제품들의 순도가 떨어지며 방직공업에서는 염색이 잘 안된다. 그러므로 경수는 반드시 연수로 만들어 써야 한다.

경수속에 있는 Ca^{2+}, Mg^{2+}과 같은 이온들을 없애고 연수로 만드는 과정을 경수의 연화라고 부른다.

경수의 연화방법

경수를 연화하는 가장 간단한 방법은 경수를 끓이는것이다.

경수를 끓이면 불안정한 탄산수소이온이 분해되여 탄산이온으로 되고 탄산이온은 Ca^{2+}(또는 Mg^{2+})과 결합하여 탄산염으로 침전된다.

$$2HCO_3^- = CO_3^{2-} + H_2O + CO_2\uparrow$$
$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3\downarrow$$

이 두 방정식을 알기 쉽게 다음과 같이 하나의 방정식으로 써도 된다.

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

화학적인 방법으로 수산화칼시움이나 탄산나트리움을 작용시켜 경수를 연화할수도 있다.

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

(?) 경수속의 탄산수소마그네시움이나 류산칼시움도 같은 화학적방법으로 없어지겠는가(부록을 보면서 생각해보고 화학방정식을 작성하여라.)

이밖에도 이온교환수지를 리용하는 물의 연화방법도 있다.

참 고 경수에서는 왜 빨래가 잘 안되는가?

경수에는 비누가 잘 용해되지 않고 거품이 잘 일지 않는다. 왜냐하면 비누는 고급(분자량이 큰)지방산의 나트리움염(또는 칼리움염)인데 경수를 만나면 아래와 같이 물에 용해되지 않는 칼시움염이 생기기때문이다.

례: $2C_{17}H_{35}COONa + Ca^{2+} = (C_{17}H_{35}COO)_2Ca\downarrow + 2Na^+$

비누
(스테아린산나트리움)

이러한 반응은 물에 들어있는 Ca^{2+}, Mg^{2+} 등이 모두 없어질 때까지 일어나며 따라서 경수로 빨래를 하면 비누를 랑비하게 된다.

문 제

1. 탄산수소마그네시움 $Mg(HCO_3)_2$이 들어있는 경수를 보이라에 넣고 끓일 때 물이 어떻게 연화되는가를 설명하여라.
2. 보이라에 물때가 생겼을 때 물때를 없애기 위해서는 어떻게 하여야 하는가 ?
3. 석회암지대의 물에서는 모두 비누거품이 잘 일지 않는다. 왜 그런가?

장 종합

염
산의 H^{+}를 금속양이온으로 또는 염기의 OH^{-}를 산이온으로 바꾼 화합물

- 정염 Na_2SO_4
- 수소염 $NaHSO_4$
- 수산염 $MgOHCl$

이온반응: 이온이 참가하는 반응

- 산화수변화가 없는 반응 (이온교환반응) $H^{+}+OH^{-}=H_2O$
  - 침전물 $Ag^{+}+Cl^{-}=AgCl\downarrow$
  - 약전해질 $CH_3COO^{-}+H^{+}=CH_3COOH$
  - 기체 $CO_3^{2-}+2H^{+}=H_2O+CO_2\uparrow$
- 산화수변화가 있는 반응 $Cu^{2+}+\overset{0}{Fe}=Fe^{2+}+\overset{0}{Cu}$

염의 성질

① 염은 보통조건에서 모두 고체이다.

② 염마다 물에 대한 용해도가 서로 다르다.(→부록)

③ 염은 염자체에 들어있는 금속보다 활성이 센 금속과 반응한다.(→금속의 활성 차례 리용)

$$CuSO_4+Zn=ZnSO_4+Cu$$
$$Cu^{2+}+Zn=Zn^{2+}+Cu$$

④ 염과 염이 반응하는 경우에 침전물이 생겨야 한다.

$BaCl_2+Na_2SO_4=BaSO_4\downarrow+2NaCl$

$Ba^{2+}+SO_4^{2-}=BaSO_4\downarrow$

⑤ 염이 산과 반응하는 경우에 기체나 침전물이 생겨야 한다.

$BaCl_2+H_2SO_4=BaSO_4\downarrow+2HCl$

$Ba^{2+}+SO_4^{2-}=BaSO_4\downarrow$

$Na_2CO_3+2HCl=2NaCl+CO_2\uparrow+H_2O$

$CO_3^{2-}+2H^+=CO_2\uparrow+H_2O$

⑥ 염이 염기와 반응하는 경우에 기체나 침전물이 생겨야 한다.

$CuSO_4+2NaOH=Cu(OH)_2\downarrow+Na_2SO_4$

$Cu^{2+}+2OH^-=Cu(OH)_2\downarrow$

$NH_4Cl+NaOH=NaCl+NH_3\uparrow+H_2O$

$NH_4^++OH^-=NH_3\uparrow+H_2O$

몇가지 이온의 검출

이온	검 출 시 약	검출반응
Cl^-	$AgNO_3$	$Ag^++Cl^-=AgCl\downarrow$ (흰색)
CO_3^{2-}	H^+(산)	$2H^++CO_3^{2-}=H_2O+CO_2\downarrow$
SO_4^{2-}	$BaCl_2$	$Ba^{2+}+SO_4^{2-}=BaSO_4\downarrow$ (흰색)

복습문제

1. 아래의 물질들가운데서 물만을 리용하여 갈라볼수 있는것은 (　)이다.

ㄱ) 고체: 염화칼리움, 류산나트리움, 류산바리움

ㄴ) 기체: 수소, 산소, 이산화탄소

ㄷ) 고체: 탄산칼시움, 염화바리움, 수산화나트리움

ㄹ) 액체: 휘발유, 물, 질은 류산

2. 아래의 시약들가운데서 마개를 막지 않고 놓아둔다면 일정한 시간이 지난 다음 질량이 커지는것은 (　)이다.

ㄱ) 가성소다　ㄴ) 탄산나트리움결정　ㄷ) 질은 질산　ㄹ) 질은 류산

3. 염산을 리용하여 알아볼수 없는 용액묶음은 (　)이다.

ㄱ) 탄산나트리움, 류산, 질산은

ㄴ) 수산화칼리움, 질산은, 탄산칼리움

ㄷ) 염화나트리움, 질산은, 류산나트리움

ㄹ) 염화바리움, 질산은, 탄산나트리움

4. 한가지 시약만으로 $AgNO_3$, $BaCl_2$, KCO_3의 세가지 용액을 알아볼수 있는것은 어느것인가를 아래의 시약 ㄱ)~ㄴ)에서 선택하여라.

ㄱ) 페놀프탈레인　ㄴ) 염산

ㄷ) 염화나트리움용액　ㄹ) 수산화나트리움용액

5. 이온방정식이 $Cu^{2+}+2OH^{-}=Cu(OH)_2$로 되는 반응이 정확한것은 (　)이다.

ㄱ) $CuSO_4+NaOH \rightarrow$　ㄴ) $CuCl_2+Ba(OH)_2 \rightarrow$

ㄷ) $CuCl_2+Na_2SO_4 \rightarrow$　ㄹ) $Cu(NO_3)_2+BaSO_4 \rightarrow$

6. 아래의 매 조에 있는 물질을 혼합할 때 그 조의 산이 많아도 침전물이 남아있는것은 (　)이다.

ㄱ) $NaOH$, $FeCl_3$, H_2SO_4

ㄴ) HCl, K_2CO_3, $BaCl_2$

ㄷ) $BaCl_2$, $AgNO_3$, HNO_3

ㄹ) $CuSO_4$, HCl, KOH

7. 3가지 2가금속의 활성차례가 $Z > X > Y$이라는것을 알고 증명하기 위하여 어떤 학생이 아래와 같은 실험을 설계하였다. 진행할 필요가 없는것은 (　)이다.

ㄱ) $Z+YSO_4 \rightarrow ZSO_4+Y$

ㄴ) $X+YSO_4 \rightarrow XSO_4+Y$

ㄷ) $Z+H_2SO_{4(\text{묽은})} \rightarrow ZSO_4+H_2\uparrow$

ㄹ) $X+H_2SO_{4(\text{묽은})} \rightarrow$ 반응하지 않음

8. 질산은용액에 질량이 80g인 동판을 잠그었다. 은이 완전히 석출된 다음 판의 질량이 7.6% 커졌다. 용액에 들어있던 은의 질량은 ( )이다.

ㄱ) 8.64g ㄴ) 17g ㄷ) 86.4g ㄹ) 0.864g

9. 6.84% 염화동용액 10kg을 만들기 위해서는 $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ ____을 물 ____에 용해시켜야 한다.

ㄱ) $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ 866.4g, H_2O 9 133.6g

ㄴ) $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ 900g, H_2O 10 000g

ㄷ) $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ 850g, H_2O 9 200g

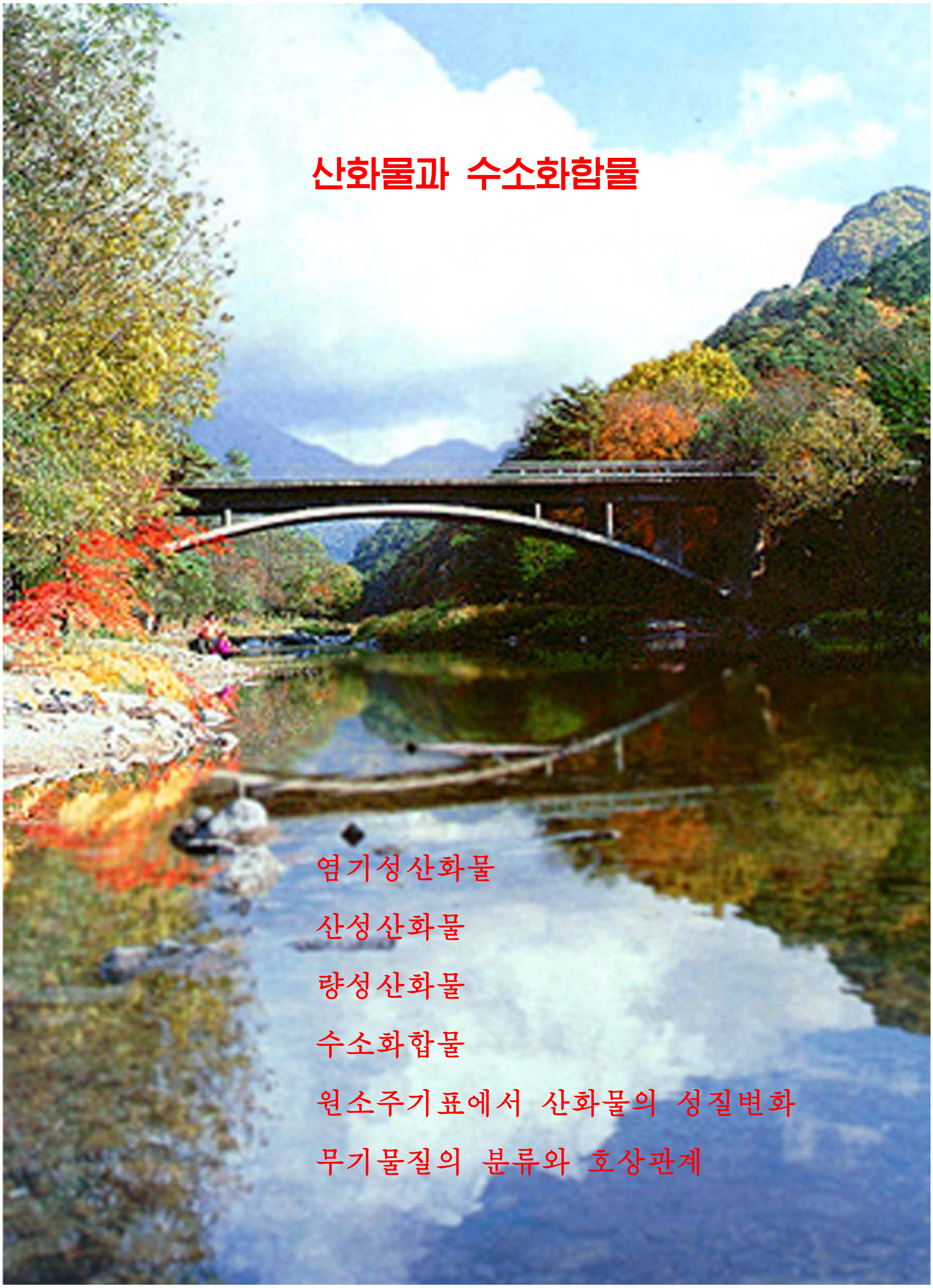
ㄹ) $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ 870g, H_2O 9 150g

10. 염화칼리움과 염화아연의 혼합물 11.14g을 류산으로 처리하고 바싹 말리울 때 류산칼리움과 류산아연혼합물 13.14g이 생겼다. 처음 혼합물과 생겨난 혼합물의 조성을 구하여라.(**답**. 처음 혼합물-KCl 2.98g, $ZnCl_2$ 8.16g

생긴 혼합물-K_2SO_4 3.48g, $ZnSO_4$ 9.66g)

11. 12.25% 류산용액 200g을 물에 용해시켜 500mL로 만들었다. 용액의 몰농도는 얼마인가? (**답**. 0.5mol/L)

12. 3mol/L용액을 얻기 위하여 1mol/L용액 200mL에 4mol/L용액을 몇mL 섞어야 하는가? (**답**. 400mL)



산화물과 수소화합물

염기성산화물

산성산화물

량성산화물

수소화합물

원소주기표에서 산화물의 성질변화

무기물질의 분류와 호상관계

제4장. 산화물과 수소화합물

산화물은 무기화합물의 한 부류이다.

산, 염기, 염과는 달리 산화물은 비전해질이다.

흔히 만나는 화합물들가운데는 산, 염기, 염, 산화물외에 수소화합물도 있다.

이 장에서는 산화물에 속하는 대표적인 물질들을 학습하고 그에 기초하여 산화물의 성질과 만들기 그리고 수소화합물에 대해서도 배우게 된다.

제1절. 염기성산화물

산화칼시움(생석회 CaO)

석회석으로부터 얻어낸 물질로서 물과 반응하지 않은 상태의 석회라는 의미에서 산화칼시움을 생석회라고도 부른다.

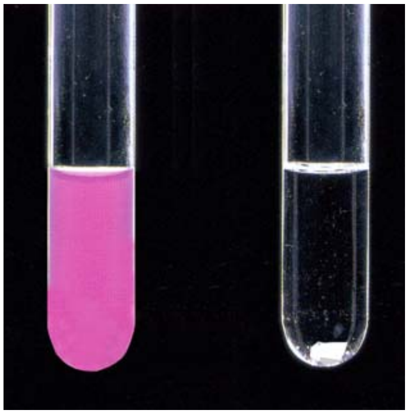
산화칼시움은 흰색의 고체물질이다. 물에 적게 용해되며 녹음점(2 572℃)이 대단히 높다.

산화칼시움은 어떤 물질들과 반응하는가?



산화칼시움의 물 및 염산과의 반응

① 두개의 시험관에 산화칼시움을 조금씩 넣는다.
② 한 시험관에는 물을 넣고 뒤흔든다. 시험관을 쥐여본 다음 여기에 스포이드로 페놀프탈레인용액을 몇방울 떨구어넣는다. 나타나는 현상을 관찰한다.
③ 다른 시험관에는 묽은 염산을 넣는다. 어떤 현상이 일어나는가?



산화칼시움은 물과 반응할 때 많은 열을 내며 이때 수산화칼시움이 생긴다. 그러므로 수산화칼시움을 소석회(구운 석회)라고도 부른다.

$$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$

반응에서 생긴 수산화칼시움은 페놀프탈레인용액을 분홍색으로 변화시킨다.

산화칼시움은 염산과 반응하여 염과 물을 만든다.

$$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$$

ⓠ 산화칼시움과 염산과의 반응을 이온방정식으로 나타내여라.

산화칼시움은 일부 비금속산화물과도 반응한다.

례를 들어 산화칼시움은 높은 온도에서 이산화규소와 직접 화합하여 규산칼시움을 만든다.

$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3$$

이 반응은 금속을 만드는 야금로들에서 광석속에 섞여있는 모래(SiO_2)를 갈라내는데 쓰인다.

산화칼시움은 우리 나라에 흔한 석회석을 석회로에서 900℃이상의 높은 온도로 분해시켜 만든다.

ⓠ 석회석으로부터 생석회가 얻어지는 반응을 써보아라.

생석회는 소석회와 카바이드(CaC_2), 세멘트, 유리를 만드는 원료로 쓰인다.

그밖에 의약품과 치약을 만드는 원료로도 쓰인다.

산화마그네시움(MgO)

산화마그네시움은 탄산마그네시움을 높은 온도에서 분해시켜 만든다.

ⓠ 탄산마그네시움으로부터 산화마그네시움을 만드는 반응의 화학방정식을 써보아라.

산화마그네시움은 물에 적게 용해되는 흰 가루이다. 녹음점(2 800℃이상)이 매우 높다.

산화마그네시움의 화학성질은 산화칼시움과 비슷하다.

ⓠ 산화칼시움의 화학성질을 생각하면서 산화마그네시움의 화학성질을 아래의 빈칸에 자체로 써넣어라.

화학성질	화학방정식
$MgO + H_2O$	
$MgO + HCl$	
$MgO + SiO_2$	

염기성산화물

ⓠ 산화칼시움과 산화마그네시움의 화학성질에서 같은 점은 무엇인가?

산화칼시움이나 산화마그네시움과 같이 산과 반응하여 염과 물을 만드는 산화물을 염기성산화물이라고 부른다.

염기성산화물의 화학성질은 다음과 같다.

① 염기성산화물은 모두 산과 반응하여 염과 물을 만든다.

례: $Na_2O+2HCl=2NaCl+H_2O$

② 대부분의 염기성산화물은 물과 반응하여 염기를 만든다.

례: $Na_2O+H_2O=2NaOH$

※ 염기성산화물에는 CuO와 같이 물과 직접 반응하지 않는것도 있다.

③ 염기성산화물은 일부 비금속산화물과 반응하여 염을 만든다.

례: $Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$

※ 염기성산화물과 비금속산화물들사이에는 직접 반응하지 않는 경우가 많다.
례: CuO, CaO는 이산화탄소와 직접 반응하지 않는다.

염기성산화물에는 Na, K, Mg, Sr, Ba, Cu, Fe와 같은 금속원소의 산화물들이 속한다.

염기성산화물은 염기나 염을 열분해시키거나 금속과 산소를 직접 반응시켜 만든다.

례: $Cu(OH)_2=CuO+H_2O$

$CaCO_3=CaO+CO_2$

$2Mg+O_2=2MgO$

문 제

1. 다음 물질들가운데서 산화바리움과 반응할수 있는 물질들을 고르고 화학방정식으로 나타내여라.

   $Fe_2(SO_4)_3$, HCl, KOH, SO_2, Cu, CaO

2. 다음의 □안에 알맞는 물질의 화학식을 써넣어라.

   $□ \xrightarrow{□} MgO \xrightarrow{HCl} □ \xrightarrow{□} Mg(OH)_2 \xrightarrow{열} □$

   $□ \xrightarrow{□} CuO \xrightarrow{H_2SO_4} □ \xrightarrow{□} Cu(OH)_2 \xrightarrow{□} CuCl_2$

3. 산화나트리움 5g을 완전히 중화시키려면 10% 류산용액 ____이 필요하다.

① 100g ② 61.25g ③ 79g ④ 501g

4. 마그네사이트 4.2g을 분해하여 산화마그네시움 1.89g을 얻었다면 마그네사이트에 $MgCO_3$이 몇% 들어있었는가? (**답.** 94.5%)

제2절. 산성산화물

이산화탄소(탄산가스 CO_2)

이산화탄소는 록색식물의 빛합성에 없어서는 안될 중요한 물질이다.

이산화탄소는 색과 냄새가 없고 공기보다 1.5배 무거운 기체이다.

이산화탄소는 0℃에서 3.43MPa로 압축하면 액체로 된다. 액체이산화탄소의 온도를 더 낮추면 고체이산화탄소인 《마른얼음》으로 된다. 마른얼음은 기체로 될 때 많은 열을 빨아들여 온도를 낮추므로 랭동제로 많이 쓰인다.



그림 4-1. 마른얼음의 승화

ⓘ 마른얼음은 왜 잘 승화되는가?

이산화탄소는 물에 비교적 잘 용해된다.(보통조건에서 1체적의 물에 약 1체적이 용해된다.) 사이다 등 탄산음료들은 이산화탄소의 이 성질을 리용한것이다. 이산화탄소가 용해된 수용액이 탄산수이다.

이산화탄소를 만들어 그 성질을 알아보자.

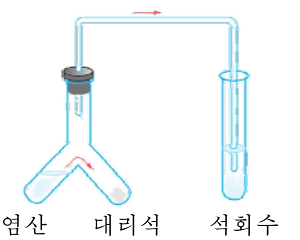


이산화탄소의 만들기와 성질

① 두갈래시험관에서 대리석쪼각에 10%의 염산을 작용시킨다. 어떤 현상이 나타나는가?

② 이산화탄소를 석회수에 흘러보낸다.

이산화탄소를 처음 흘러보낼 때와 계속 흘러보낼 때 어떤 변화가 생기는가?



이산화탄소는 대리석($CaCO_3$)에 염산을 반응시켜 만든다.

ⓘ 염산과 $CaCO_3$과의 반응을 화학방정식과 이온방정식으로 나타내여라.

염기인 석회수에 이산화탄소를 흘러보내면 흰 침전물이 생긴다.

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$$

흰 침전물이 들어있는 액체에 계속 이산화탄소를 흘러보내면 다시 용해되여 맑은 액체로 된다. 이것은 물에 용해되는 탄산수소칼시움이 만들어졌기때문이다.

$$CaCO_3+CO_2+H_2O=Ca(HCO_3)_2$$

탄산수소칼시움은 열을 주면 분해된다.

$$Ca(HCO_3)_2=CaCO_3+H_2O+CO_2$$

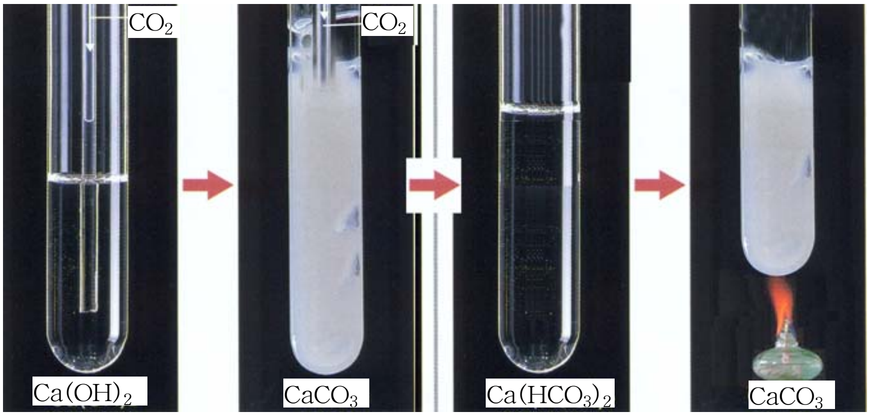


그림 4-2. 이산화탄소와 석회수와의 반응

이산화탄소는 물과 반응한다. 탄산수에 용해되여있는 CO_2의 일부는 물과 반응하여 탄산으로 된다.

$$CO_2+H_2O=H_2CO_3$$

탄산은 수용액속에서만 존재하며 불안정하므로 탄산에 열을 주면 다시 분해되여 용액속에서 CO_2이 분해되여 나온다.

? 사이다병을 더운 곳에 놓으면 병마개가 저절로 튀여난다. 왜 그런가?

이산화탄소는 염기성산화물과 반응하여 염을 만든다.

례를 들면 이산화탄소는 산화나트리움과 반응하여 탄산나트리움을 만든다.

$$CO_2+Na_2O=Na_2CO_3$$

이산화탄소는 불을 끄는 작용을 한다.(그림 4-3)



그림 4-3. 이산화탄소속에서 불이 꺼진다

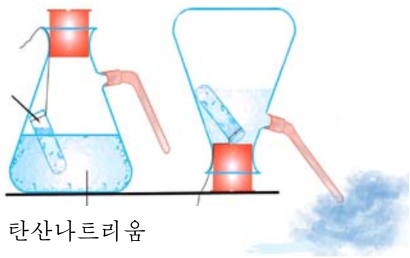
? 이산화탄소가 어디에 리용되는가를 종합해보아라.

참고 이산화탄소가 인체에 주는 영향

공기중에:	1%일 때	호흡하기 힘들다.
(체적으로)	4~5%일 때	숨이 가쁘고 머리가 아프며 어지럽다.
	6%일 때	숨을 쉴수 없다.

탐구 소화기

그림을 보면서 소화기의 원리를 설명하여라. 질은 염산과 탄산나트리움대신에 또 어떤 물질을 소화기에 리용할수 있는가를 생각해보고 화학방정식으로 나타내여라.



탐구 탄산가스 알아보기

오래동안 공기갈이를 하지 않은 남새움이나 긴 동굴안에는 탄산가스가 많이 차있다. 그러므로 이런 곳에 들어갈 때에는 탄산가스가 어느 정도 있는가를 미리 알아야 할 필요가 있다.

어떤 방법으로 미리 알아내여 굴안의 안정성을 확인할수 있겠는가?

그리고 남새움이나 동굴속의 대략적인 탄산가스함량을 예견해보아라.

자료 - 성냥불은 공기속의 산소가 16%로 줄어들면 죽고 초불은 14%에서 꺼진다.

이산화류황(아류산가스 SO_2)

아류산가스는 류황이 연소될 때와 화산분출시 나오는 가스, 각종 금속제련공장에서 나오는 연기속에 적지 않게 포함되여있다.

이산화류황은 자극성냄새(성냥가치가 탈 때 나는 냄새)가 나는 색이 없고 유독한 기체이다.

? 이산화류황 SO_2에서 류황의 산화수는 얼마인가?

이산화류황은 물에 잘 용해된다.(보통조건에서 1체적의 물에 40체적의 이산화류황이 용해된다.)

실험실에서 이산화류황은 아류산나트리움(Na_2SO_3)에 류산(70%)을 넣고 열을 주어 만든다.(그림 4-4)

$$Na_2SO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + SO_2\uparrow$$

이산화류황은 물과 반응하여 아류산을 만든다.

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3(\text{아류산})$$

아류산은 수용액속에서만 존재하며 열을 주면 쉽게 분해된다.

아류산은 산성을 가지므로 푸른 리트머스지를 붉은색으로 변화시킨다.

아류산가스는 꽃의 빨간색을 없애버린다.

※ 아류산가스가 꽃의 빨간색을 없애버리는것은 그것이 색을 띤 물질을 환원시키기때문이다. 이 성질을 리용하여 이산화류황은 표백제로 쓸수 있다.



그림 4-4. 이산화류황의 만들기와 성질

이산화류황은 가성소다용액과 잘 반응한다.

$$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$$

또한 염기성산화물과도 반응하여 염을 만든다.

$$SO_2 + Na_2O = Na_2SO_3$$

참고 아류산가스가 환경에 주는 영향

아류산가스가 공기중에 0.012~0.015%이상 들어있으면 사람들의 생명활동에 나쁜 영향을 준다. 0.03% 들어있으면 식물의 엽록소가 파괴되여 잎이 노랗게 되며 나중에는 죽어버린다.

또한 대기중에 있는 아류산가스는 수증기 및 비물에 용해되여 산성비를 만든다. 산성비가 땅우에 떨어지면 토양이 산성화되고 산림과 농작물에 큰 피해를 줄뿐아니라 심한 경우에 사람과 동물들이 살아가는데 해로운 영향을 준다.

산성산화물

ⓘ 이산화탄소와 이산화류황의 화학성질에서 같은 점은 무엇인가?

이산화탄소나 이산화류황과 같이 염기와 반응하여 염과 물을 만드는 산화물을 산성산화물이라고 부른다.

산성산화물에는 CO_2, SO_2, NO_2, SiO_2, P_2O_5, SO_3 등 비금속원소의 산화물들이 속한다.

산성산화물은 다음과 같이 만들수 있다.

산성산화물의 만들기 　　표 4-1

방 법	대표적인 례
비금속+산소	$S+O_2=SO_2$
옥소산염의 분해	$MgCO_3=MgO+CO_2$
옥소산의 분해	$H_2SO_4=H_2O+SO_3$

※ 산성산화물은 산무수물이라고도 부른다. 삼산화류황 SO_3은 류산이 물을 잃은 상태의 물질이므로 류산무수물이라고 부른다.

산성산화물의 화학성질은 다음과 같다.

① 산성산화물은 염기와 반응하여 염과 물을 만든다.

례: $CO_2+2NaOH=Na_2CO_3+H_2O$

② 대부분의 산성산화물은 물과 반응하여 산을 만든다.

례: $SO_3+H_2O=H_2SO_4$

※ SiO_2과 같은 일부 산성산화물은 물과 직접 반응하지 않는다.

③ 산성산화물은 일부 염기성산화물과 반응하여 염을 만든다.

례: $SiO_2+CaO=CaSiO_3$

※ 산성산화물과 염기성산화물들사이에 직접 반응하지 않는 경우가 많다.

문 제

1. 아래의 산화물들가운데서 물, 염기, 염기성산화물들과 다 반응하는것은 (　　)이다.

① 산화칼시움　　② 이산화탄소　　③ 삼산화류황　　④ 일산화탄소

2. □안에 알맞는 말 또는 화학식을 써넣어라.

염기인 석회수에 □를 흘러보내면 □이 생긴다. 그것은 □에서 생긴 □이 물에 용해되지 않기때문이다.

$$\square + CO_2 = \square + H_2O$$

□이 들어있는 용액에 계속 □를 흘러보내면 다시 용해된다. 이것은 □이 만들어졌기때문이다.

$$\square + CO_2 + H_2O =$$

3. 대기오염을 막기 위하여 굴뚝으로 나가는 이산화류황기체를 무엇으로 잡을수 있는가?

4. 아류산나트리움 12.6g에 70% 류산을 충분히 작용시킬 때 표준조건에서 이산화류황이 몇L 생기겠는가? (**답.** 2.24L)

5. 소석회 7.4g이 들어있는 용액에 탄산가스 39.2%를 포함하는 기체혼합물 8L(표준조건)를 통과시켰다. CO_2이 완전히 흡수된다면 생겨난 침전물의 질량은 (　)이다.

① 6g　　② 12g　　③ 0.6g　　④ 60g



석회수의 성질

① 회가루를 물에 조금 용해시켜 놓아두었다가 웃층의 맑은 석회수를 시험관에 옮겨넣는다.

② 석회수에 입김을 불어넣는다. 처음 입김을 불어넣을 때와 계속 입김을 불어넣을 때의 현상을 관찰한다.

③ 석회수속에서 두번째 현상이 나타나면 시험관에 열을 주면서 시험관아구리에 성냥불을 대여본다.

관찰한 현상들을 배운 내용에 기초하여 설명할수 있는가?

제3절. 량성산화물

? 량성수산화물의 성질을 말해보아라. 그리고 산화물이 량성을 가진다는것은 무엇을 의미하겠는가를 생각해보아라.



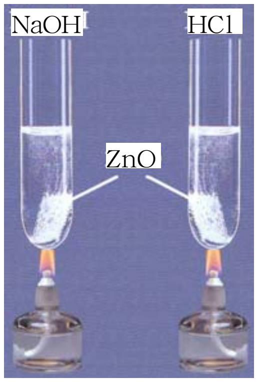
산화아연의 성질

① 두개의 시험관에 각각 산화아연가루를 조금씩 넣는다.

② 한 시험관에는 염산용액을 3mL정도 넣고 열을 준다.

③ 다른 시험관에는 수산화나트리움용액을 3mL정도 넣고 열을 준다.

두 시험관에서 어떤 변화가 일어나는가?



산화아연은 산과 반응하여 염과 물을 만든다.

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$

산화아연은 염기와도 반응하여 염과 물을 만든다.

$$ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O$$

이와 같이 산과도 반응하고 염기와도 반응하여 염과 물을 만드는 산화물을 **량성산화물**이라고 부른다.

우의 두 반응의 이온방정식을 세우고 그 본질을 밝혀보자.

$$\underset{\text{염기성산화물}}{ZnO} + 2H^+ = Zn^{2+} + H_2O$$

$$\underset{\text{산성산화물}}{ZnO} + 2OH^- = ZnO_2^{2-} + H_2O$$

이처럼 량성산화물은 산과 반응할 때에는 염기성산화물처럼 작용하고 염기와 반응할 때에는 산성산화물처럼 작용한다.

산화알루미니움도 량성산화물이다.

$$Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$$
$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$

량성산화물에는 ZnO, Al_2O_3외에도 이산화석 SnO_2, 이산화망간 MnO_2, 이산화연 PbO_2 등이 있다.

발전 산화물나노재료의 응용

나노라는 말은 그리스어로 매우 작다는 뜻이다.

$1nm = 10^{-3}\mu m = 10^{-6}mm = 10^{-9}m$로서 수소원자 10개를 나란히 놓아야 1nm로 된다.

나노재료는 알갱이크기가 1~100nm범위에 있으며 흔히 쓰이는 일반재료와 다른 특수한 성질을 가지고있다.

지금 널리 쓰이고있는 나노재료가운데는 산화물나노재료도 있다.

산화물나노재료는 우리의 일상생활뿐아니라 경공업부문에서도 널리 쓰이고있다.

실례로 자동차의 유리와 거울겉면에 나노TiO_2로 얇은 막을 만들어주면 유리와 거울이 어지러워지지 않고 또한 안개막이작용도 한다. 그리고 화학섬유나 방직제품들에 TiO_2, SiO_2, Al_2O_3 등의 나노알갱이들을 넣어주면 냄새제거, 살균, 보온 등의 작용이 높아진다.

그러므로 무균음식그릇, 무균놀이감, 어지러워지지 않는 사기타일과 맑은 유리, 로화방지성질을 가진 수지 등을 만들수 있다.

화장품에 나노ZnO를 넣어 해빛에 견디는 질좋은 화장품을 만들수 있다.

나노ZnO는 독성이 없고 맛도 없으며 피부에 자극을 주지 않는다. 또한 변질되지 않고 열안정성도 좋으며 자외선을 잘 막아준다. 그러므로 나노ZnO를 넣어 해빛에 얼굴도 타지 않고 주름살도 펴지게 하는 등 여러가지 보호기능을 가지는 화장품을 만들수 있다.

문 제

1. 다음의 산화물들가운데서 량성산화물을 찾고 산 및 염기와의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

MgO, SO_2, Na_2O, Al_2O_3, CuO, PbO_2, Cr_2O_3

2. 다음의 밑줄그은 부분에 알맞는 말 또는 화학식을 써넣어라.

Al_2O_3은 염산에도, 가성소다에도 용해되여 ＿을 만든다. 가성소다와의 반응에서 용액속에 생기는것은 ＿이다. 염산과의 반응에서 생긴 용액에 적당한 량의 가성소다용액을 넣으면 ＿색의 ＿이 생긴다.

3. 산화아연과 아연의 혼합물 10.7g이 완전히 반응하는데 10.22% 염산 100g이 소비되였다. 혼합물의 조성을 구하여라. (**답.** ZnO 7.8g, Zn 2.9g)

제4절. 수소화합물

간장, 염화비닐수지를 만드는데 쓰는 염화수소(HCl), 랭동기의 랭매로 쓰는 암모니아(액체), 농촌집들에서 밥짓는데 쓰는 메탄가스(CH_4) 등은 다 수소의 화합물들이다.

수소와 다른 한가지 원소만으로 이루어진 화합물을 **수소화합물**이라고 부른다.

수소산(무산소산)

17족원소들의 수소화합물인 불화수소 HF, 염화수소 HCl, 브롬화수소 HBr, 요드화수소 HI를 **할로겐화수소**라고 부른다.

할로겐화수소의 성질은 다음과 같다.(표 4-2)

할로겐화수소의 성질 표 4-2

성질	HF	HCl	HBr	HI
보통조건에서의 모임상태	기체	기체	기체	기체
색	무색	무색	무색	무색
끓음점/℃	+19.5	-84.9	-66.8	-35.4
물에 대한 용해도/$L \cdot L^{-1}$	매우 크다	450(방온도)	600(0℃)	425(0℃)

염화수소가 물에 용해된 염산이 산성을 나타내는것처럼 다른 할로겐화수소들도 물에 용해되면 산(할로겐화수소산)으로 된다.

할로겐화수소를 HX라고 나타내면

$$HX = H^+ + X^-(X^-;\ F^-,\ Cl^-,\ Br^-,\ I^-)$$

이로부터 물에 용해되여 그 용액이 산성을 나타내는 수소화합물을 **수소산**(무산소산)이라고 부른다.

할로겐화수소산가운데서 불화수소산 HF만이 약산이고 나머지는 모두 센산이다.

할로겐화수소산의 세기는 HF<HCl<HBr<HI차례로 커진다.

Ⓟ 할로겐화수소산들의 세기가 다른것은 무엇때문인가?

16족	17족
H_2O 중성	HF 약산성
H_2S 매우 약한 산성	HCl 센산성
H_2Se 매우 약한 산성	HBr 센산성
	HI 센산성

산성이 약해진다 (↑)

산성이 약해진다 (←)

그림 4-5. 수소산의 산성

주기에서 보면 제3주기에 놓인 류황과 염소의 수소산들인 류화수소산과 염산중에서 염산이 훨씬 센산이다.

따라서 원소주기표에서 수소산의 세기는 같은 족에서는 아래로 내려가면서 커지고 같은 주기에서는 오른쪽으로 가면서 커진다.

전형원소의 수소화합물

흰색의 수소화나트리움 NaH를 비롯하여 금속의 수소화합물들은 이온결합으로 이루어진 이온결정으로서 모두 고체이고 녹음점도 높다. 이로부터 금속의 수소화합물을 특별히 **수소화물**이라고 부른다.

수소화물은 1, 2, 13족의 원소들(붕소는 제외)에서 이루어진다.

수소화물은 화학적활성이 매우 크다. 물과 맹렬히 반응하여 수소를 내며 산과도 반응한다.

례: $CaH_2+2H_2O=Ca(OH)_2+2H_2\uparrow$ (그림 4-6)

$CaH_2+2HCl=CaCl_2+2H_2\uparrow$



그림 4-6. 수소화칼시움과 물과의 반응

수소화물을 제외한 기타 음성원소의 수소화합물들은 모두 공유결합으로 이루어진 물질로서 보통조건에서 기체(**례:** NH_3, SiH_4)이거나 증발하기 쉬운 액체(**례:** 물)이다.

ⓘ 암모니아 NH_3에서 질소의 산화수는 얼마인가?

표 4-3에 2, 3, 4주기원소들의 수소화합물을 보여주었다.

2, 3, 4주기원소들의 수소화합물 표 4-3

주기 \ 족	1	2	13	14	15	16	17
2	LiH	BeH_2	B_2H_6	CH_4	NH_3	H_2O	HF
3	NaH	MgH_2	AlH_3	SiH_4	PH_3	H_2S	HCl
4	KH	CaH_2	Ga_2H_6	GeH_4	AsH_3	H_2Se	HBr
						(수소산)	
	수소화물			비금속의 수소화합물			

문 제

1. 브롬화수소산보다 셀렌화수소산의 산의 세기가 약한 리유를 설명하여라.
2. 물은 중성인데 셀렌화수소산은 왜 약한 산성을 나타내는가?
3. 수소화나트리움이 염산과 반응하면 수소를 내보낸다. 반응을 화학방정식으로 나타내여라.
4. 수소화칼리움과 물과의 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

제5절. 원소주기표에서 산화물의 성질변화

산화물의 성질에서 중요한것은 산성과 염기성이다.

산화물의 조성에서 하나는 산소원소이고 다른 하나는 양성원소이거나 음성원소이다.

양성원소의 산화물은 염기성을 가진 염기성산화물이며 음성원소의 산화물은 산성을 가진 산성산화물이다. 그리고 산성도 가지고 염기성도 가진 산화물은 량성산화물이다.

원자번호가 커감에 따라 원소의 전기음성도가 주기적으로 변하며 그에 따라 그 원소들이 만드는 산화물들의 산성과 염기성도 주기적으로 변한다.

원소주기표의 주기에서는 원자번호가 커감에 따라 원소의 전기음성도가 점차 커지므로 산화물의 염기성은 점점 약해지고 반대로 산성은 점점 세지며 그 중간에서는 량성을 가진다.

례: 원소주기표의 3주기 원소들이 만드는 산화물의 성질은 다음과 같이 변한다.

원소의 전기음성도	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0
	Na_2O,	MgO,	Al_2O_3,	SiO_2,	P_2O_5,	SO_3,	Cl_2O_7

← 염기성 —— 량성 ———— 산성 →

이런 변화가 원소주기표의 매 주기마다에서 되풀이된다.

원소주기표의 족에서는 원자번호가 커감에 따라 산화물의 염기성은 점점 세지고 반대로 산성은 점점 약해진다.

례: 1족에서 Na_2O, K_2O, Rb_2O, Cs_2O

———————→
염기성이 세진다.

ⓘ 주기에서는 원자번호가 커감에 따라 산화물의 산성이 점점 세지는데 족에서는 왜 반대로 약해지는가?

주기와 족에서 산화물의 산성과 염기성의 변화를 종합하여 표를 만들어라.

그리고 수산화물에서의 산성, 염기성의 변화와 비교하여라.

문 제

1. A, B, C라는 짧은 주기원소가 있다. 주기표에서 이 원소들의 자리는 다음과 같다. B, C의 원소의 원자번호의 합은 A원소의 원자번호의 4배이다. A, B, C는 무슨 원소들인가? 아래의 답에서 선택하여라. 그리고 이 원소들의 최대산화수에 해당한 산화물의 화학식을 쓰고 산성산화물인가 염기성산화물인가를 말하여라.

   ① C, Al, P　② N, Si, S　③ O, P, Cl　④ F, S, Ar

2. 두가지 화학원소가 있다. 전자층수는 다같이 셋이고 하나는 최외전자수가 2이고 다른 하나는 최외전자수가 6이다. 어느 원소의 산화물이 산성산화물이고 어느 원소의 산화물이 염기성산화물인가? 왜 그런가?

3. 어떤 금속 M xg을 산화시켜 M_2O_3 yg을 얻었다.

   ① 금속 M의 원자량은 얼마인가?

   ② 산화물 M_2O_3 yg을 환원하는데 필요한 수소는 표준조건에서 몇L인가?

(답. $\frac{24x}{y-x}$, 1.4(y-x)L)

제6절. 무기물질의 분류와 호상관계

지금까지 알려진 무기물질의 수는 헤아릴수 없이 많다. 그러나 무기물질들은 그것들의 화학조성과 성질에 기초하여 분류할수 있으며 무기물질의 부류들사이의 호상관계를 체계화할수 있다.

무기물질의 분류

무기물질은 그것들의 조성과 성질에 기초하여 다음과 같이 나누어볼수 있다.

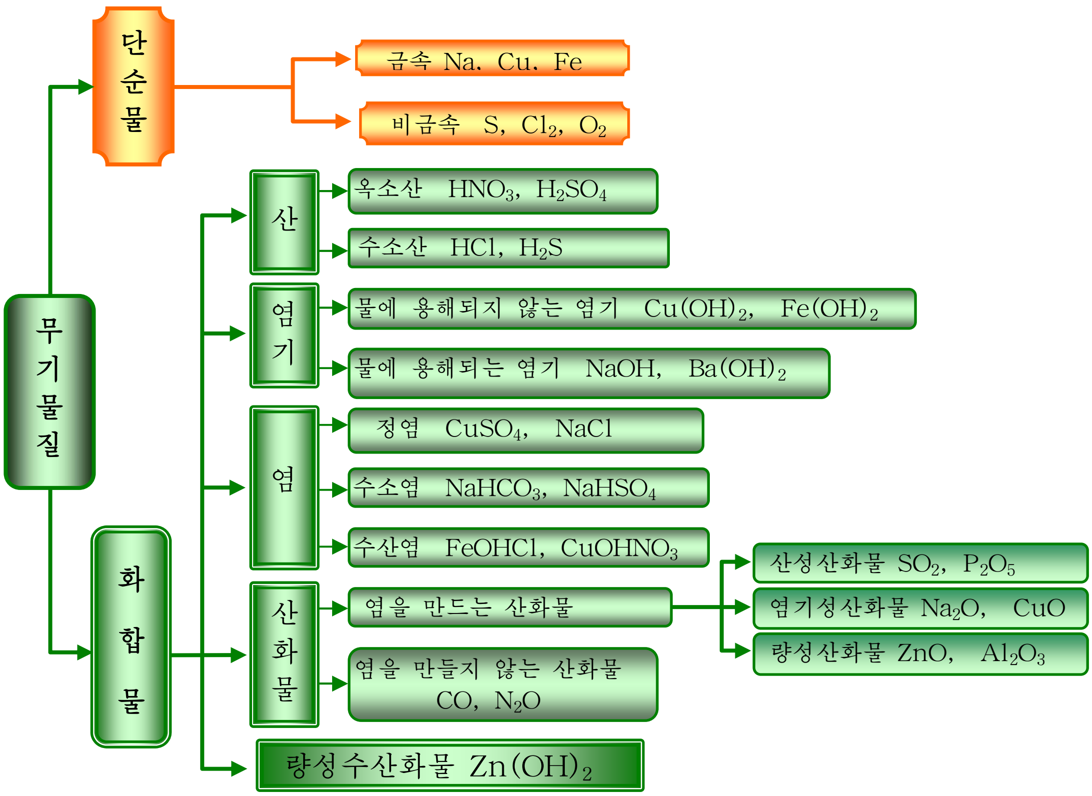


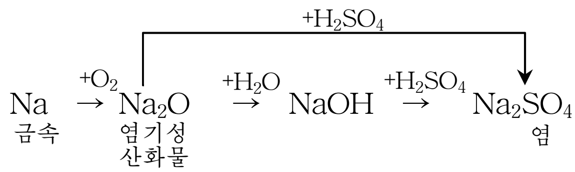
그림 4-6. 무기물질의 분류

무기물질부류들사이의 호상관계

① 금속, 염기성산화물, 염기, 염은 그 화학성질에 의하여 서로 련관되여있다.

단순물인 금속이 산화되면 염기성산화물이 되고 염기성산화물이 물과 반응하면 수산화물인 염기로 된다. 이 염기가 산과 반응하면 염으로 된다. 그리고 염기성산화물이 산과 반응하여도 염이 된다.

례:



② 비금속, 산성산화물, 산, 염은 그 화학성질에 의하여 서로 련관되여있다.

단순물인 비금속이 산화되면 산성산화물이 되고 산성산화물이 물과 반응하면 산이 된다. 이 산이 염기와 반응하면 염이 된다. 그리고 산성산화물이 염기와 반응하여도 염이 된다.

례:

$$\underset{\text{비금속}}{S} \xrightarrow{+O_2} \underset{\text{산성산화물}}{SO_3} \xrightarrow{+H_2O} \underset{\text{산}}{H_2SO_4} \xrightarrow{+NaOH} \underset{\text{염}}{Na_2SO_4}$$

$$SO_3 \xrightarrow{+NaOH} Na_2SO_4$$

③ 단순물인 금속과 비금속이 직접 반응하면 염이 된다.

례: $2Na+Cl_2=2NaCl$

④ 염기성산화물과 산성산화물이 직접 반응하여도 염이 된다.

례: $Na_2O+SO_3=Na_2SO_4$

이밖에도 무기물질부류들사이의 호상작용으로 염이 얻어지는 경우가 많다.

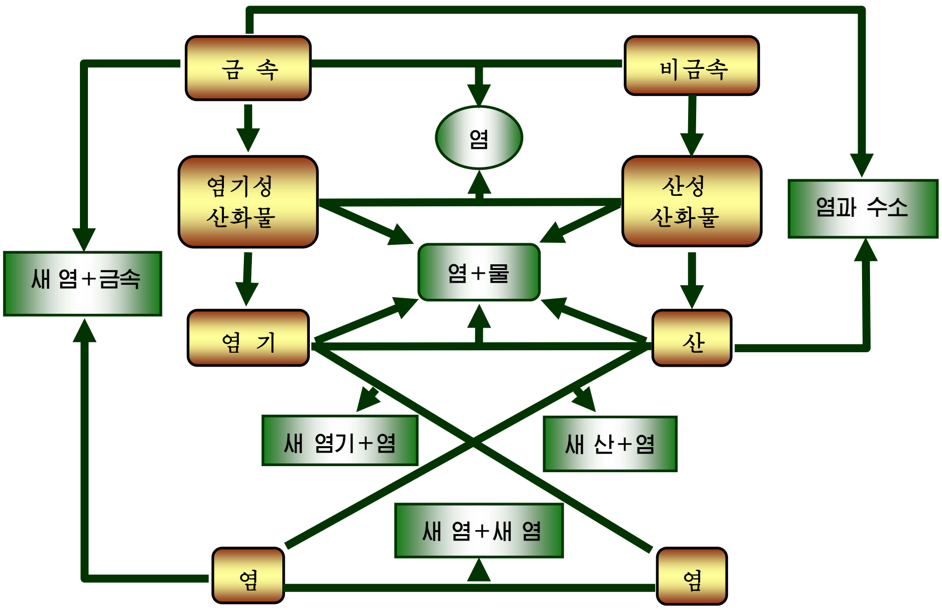


그림 4-7. 무기물질부류들사이의 호상관계

문 제

1. 다음 물질들을 혼합물과 순수한 물질, 단순물과 화합물, 옥소산과 수소산, 염기와 염기성산화물, 산성산화물 그리고 전해질과 비전해질로 분류하여라.

① 염산	② 염화수소	③ 소금결정	④ 소금용액
⑤ 공기	⑥ 수소	⑦ 탄산가스	⑧ 산화동
⑨ 초산	⑩ 식초	⑪ 묽은 류산	⑫ 가성소다
⑬ 묽은 질산	⑭ 브롬화수소	⑮ 산소	⑯ 일산화탄소
⑰ 요드	⑱ 생석회		

2. 산소, 염산, 가성소다, 철, 석회석이 있다. 이 물질들을 반응물로 하여 아래의 요구에 따르는 반응을 화학방정식으로 나타내여라.

ㄱ) 화합　ㄴ) 치환　ㄷ) 분해　ㄹ) 중화

3. Zn, H_2SO_4, $Cu(OH)_2$을 원료로 하여 동을 만드는 반응을 두가지 방법으로 나타내여라.

4. 검은색고체 A와 염산, 묽은 류산이 반응하여 각각 B와 D를 만들었다. 그리고 B와 NaOH가 반응하여 푸른색침전물 E가 생겼다. E는 질산, 류산과 반응하여 C와 D를 만들었다.

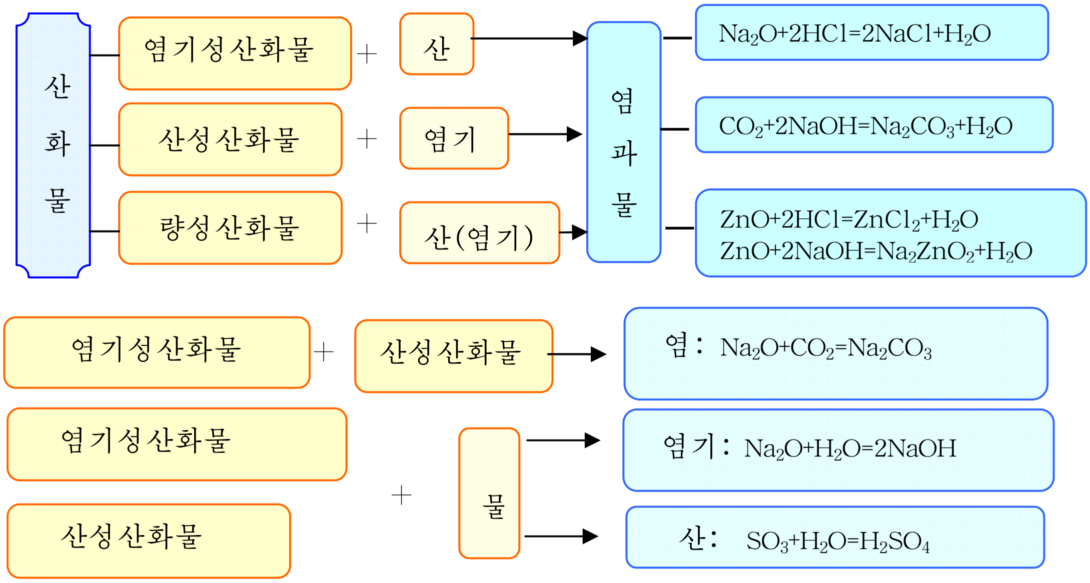
① A, B, C, D, E의 화학식과 이름을 쓰라.

② 아래 반응의 화학방정식과 이온방정식을 쓰라.

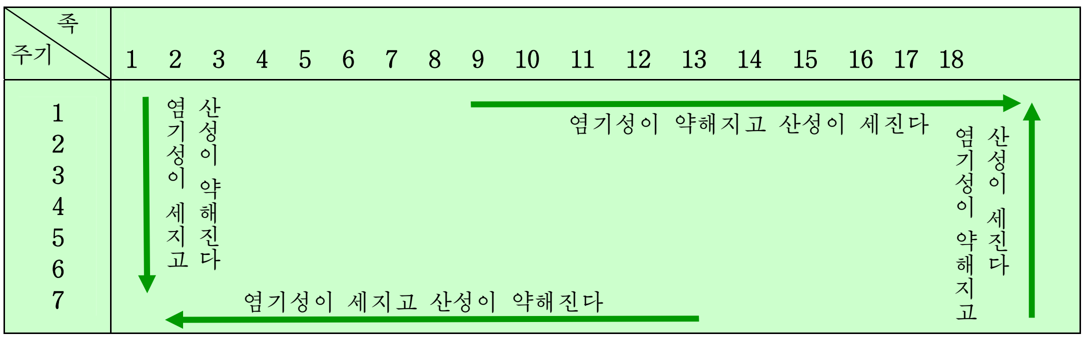
B→E,　E→D,　E→C,　B→C

장 종 합

산화물의 성질



원소주기표에서 산화물, 수산화물의 성질변화



복습문제

1. 아래의 내용에서 정확한것은 ( )이다.

① 모든 비금속원소들의 산화물은 산성산화물이다.

② 모든 산성산화물은 물과 직접 반응하여 옥소산을 만든다.

③ 모든 염기성산화물은 물과 직접 반응하여 염기를 만든다.

④ 모든 비금속산화물이 언제나 염기와 반응하여 염을 만들수 있는것은 아니다.

2. 아래의 물질들을 공기중에 오래 놓아둘 때 질량이 증가하며 그것이 화학변화로 되는 것은 (　)이다.

ㄱ) 소금　ㄴ) 생석회　ㄷ) 짙은 염산　ㄹ) 가성소다

3. 산화칼시움을 물에 용해시킬 때 뜨거워지는 원인과 석회유에 피부가 트는 원인을 설명하여라.

4. 가성소다와 생석회로 된 혼합물(소다석회)은 건조제로 쓰인다. 이 성질을 리용하여 아래의 기체들을 말리울수 있는것은 (　)이다.

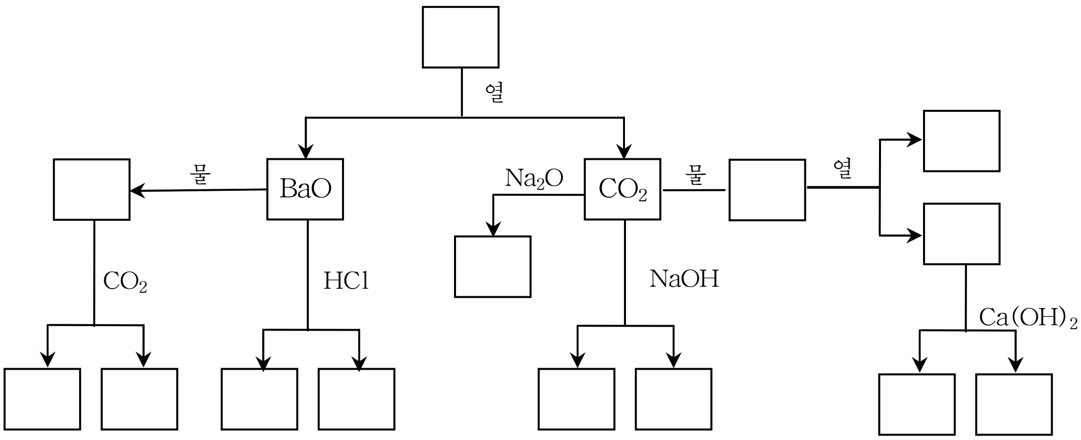
ㄱ) CO　ㄴ) SO_2　ㄷ) CO_2　ㄹ) H_2

5. 아래의 물질들가운데서 수소기체속의 H_2O와 CO_2을 없애는데 리용할수 있는 물질은 ( )이다.

ㄱ) 소다석회　ㄴ) 수증기　ㄷ) 오산화린　ㄹ) 염화칼시움　ㅁ) 류산동

6. 충분한 량의 묽은 염산을 적은 량의 은가루, 산화동, 산화마그네시움, 철가루의 혼합물이 들어있는 시험관에 넣고 가열한 다음 려과하였다. 려지우에 남은 물질은 무엇이고 려액에 들어있는 물질은 무엇인가? 화학방정식으로 나타내여라.

7. 다음의 빈칸에 알맞는 화학식을 써넣어라.



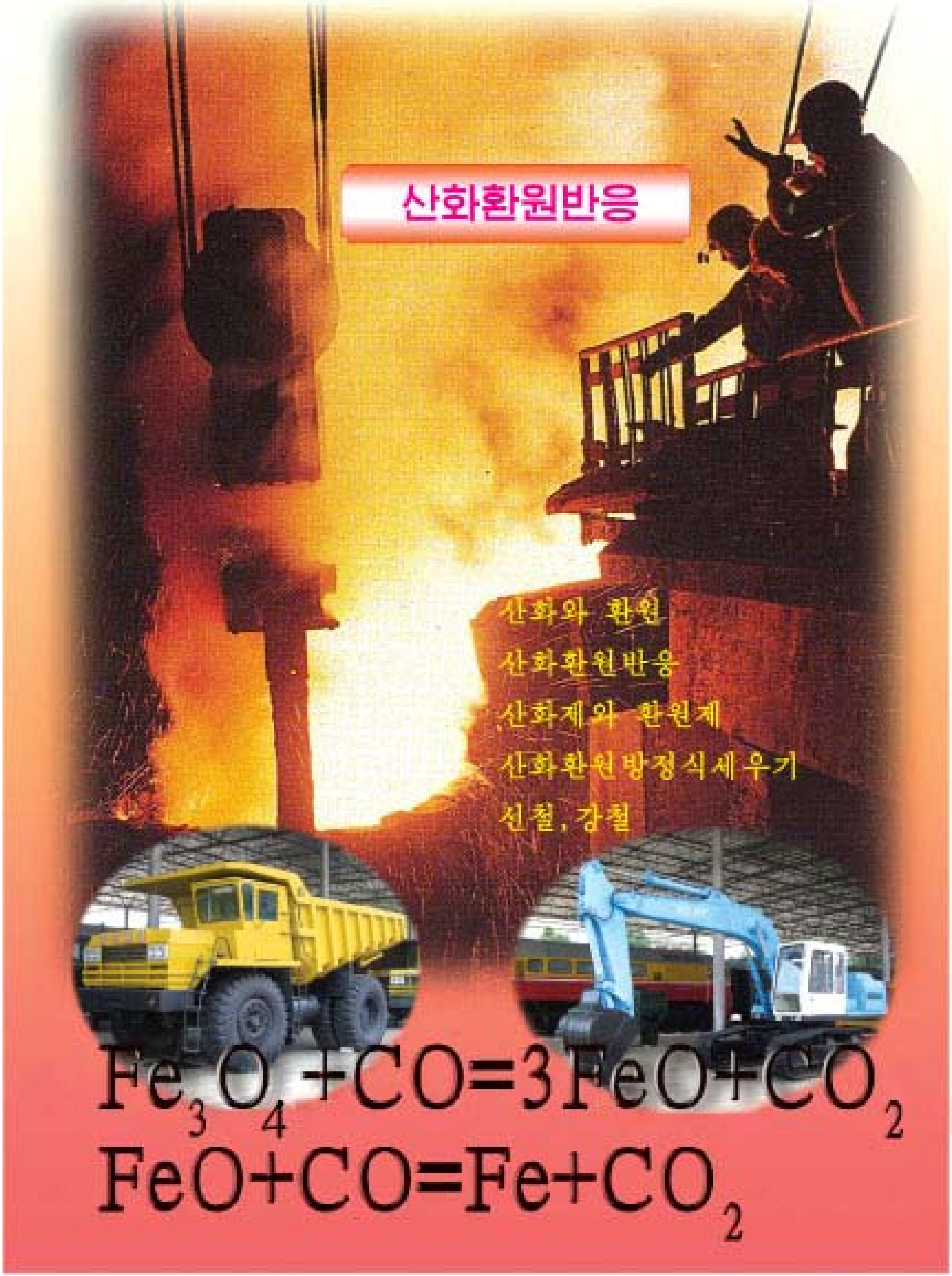
8. 표준조건에서 수산화바리움용액에 공기를 1m^3 불어넣은 결과 2.64g의 탄산바리움이 생겼다. 공기속에 있는 이산화탄소의 체적%는 얼마인가? (**답.** 0.03%)

9. 순수한 산화칼시움가루를 순수한 물에 용해시켜 1L로 되게 하였다. 그 수용액 100mL를 충분히 중화하는데 0.1mol/L 염산 10mL가 들었다. 용해시킨 산화칼시움의 질량은 얼마인가? 한개 선택하여라.

ㄱ) 0.014g　ㄴ) 0.028g　ㄷ) 0.056g　ㄹ) 0.14g　ㅁ) 0.28g　ㅂ) 0.56g

10. 2.32g의 금속산화물을 수소로 환원시켜 1.68g의 금속 M이 얻어졌다. 이 금속의 원자량을 56이라고 하면 산화물의 화학식은 (　)이다.

ㄱ) MO_2　ㄴ) M_3O_4　ㄷ) M_2O_3　ㄹ) MO


산화환원반응
산화와 환원
산화환원반응
산화제와 환원제
산화환원방정식세우기
선철, 강철
$Fe_3O_4+CO=3FeO+CO_2$
$FeO+CO=Fe+CO_2$

제5장. 산화환원반응

우리 생활에 리용되는 물질들은 어느것이나 다 화학반응에 의하여 만들어진다. 그러므로 화학반응의 본질과 그 특성을 밝히는것은 물질생산을 위한 매우 중요한 문제이다.

이 장에서는 물질생산 및 변화에서 전자의 이동과 관련한 화학반응에 대하여 학습하게 된다.

제1절. 산화와 환원

산화

석탄이나 나무가 불타는것은 공기중의 산소와 화합하는 과정이며 철이 녹쓰는 과정도 산소와의 작용결과이다.

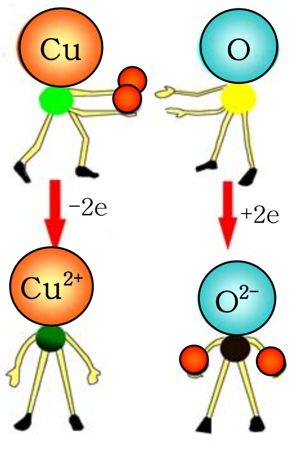
흔히 물질이 산소와 결합하여 산화물을 만드는 반응을 산화라고 부른다.

동을 산소와 작용시키면 산화동이 생긴다.(그림 5-1)

$$\underset{\text{불그스름한 색}}{2Cu} + \underset{\text{무색}}{O_2} = \underset{\text{검은색}}{2CuO}$$

CuO는 Cu^{2+}와 O^{2-}로 이루어진 이온화합물이다.

$$\left.\begin{array}{l} Cu-2e \rightarrow Cu^{2+} \\ O+2e \rightarrow O^{2-} \end{array}\right\} CuO$$



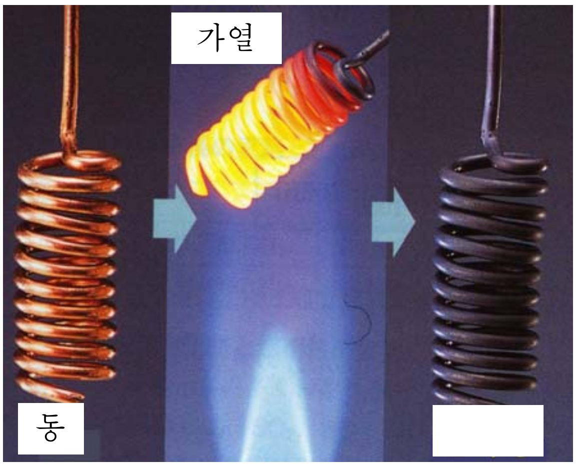


그림 5-1. 동의 산화

반응과정에 동원자는 산소원자에 전자를 내준다.

2e×2

$$2Cu + O_2 = 2CuO$$

빨갛게 달군 동을 염소기체속에 넣으면 염화동이 생긴다.

2e

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2$$

불그스름한 색　연노란색　풀색

이 반응에서도 산소와의 반응에서와 마찬가지로 동원자는 전자를 내준다. 여기로부터 원자나 이온이 전자를 내주는 과정을 **산화**라고 말할수 있다.

ⓘ 원자에서 전자가 떨어져나가는 과정을 다 산화라고 말할수 있는가?

환원

산화동 CuO와 산화연 PbO와 같은 금속산화물을 수소기체 또는 숯가루와 함께 열주면 금속으로 변화된다.

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O \qquad CuO + C = Cu + CO\uparrow$$

$$PbO + H_2 = Pb + H_2O \qquad PbO + C = Pb + CO\uparrow$$

이것은 산화의 반대로서 Cu^{2+}가 수소나 탄소로부터 전자를 받아 본래상태로 되돌아가는 과정이다.

2e　　　　　　　　　　　　　2e

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O \qquad CuO + C = Cu + CO$$

검은색　불그스름한 색　무색　　　검은색　검은색　불그스름한 색　무색

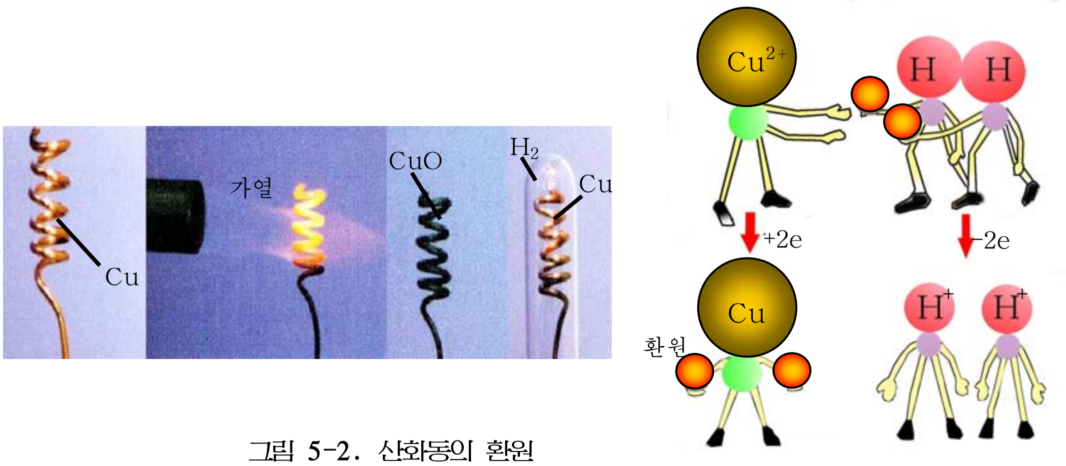


그림 5-2. 산화동의 환원

한편 염화동용액에 철을 넣으면 철겉면에 동이 나붙는다. 용액에 있는 Cu^{2+}은 Fe로부터 전자를 받아들여 Cu로 된다.

2e

$$CuCl_2+Fe=Cu+FeCl_2$$

2e

$$Cu^{2+}+\ Fe=Cu+Fe^{2+}$$

전자를 받아들여 본래 상태로 되돌아가는 과정을 **환원**이라고 부른다.

환원은 원자나 이온이 전자를 받아들이는 과정이다. 반응에서 산화와 환원은 언제나 함께 일어난다. 그것은 전자를 내주는 과정이 있으면 그 전자를 받아들이는 과정이있어야 하기때문이다.

2e 산 화

$$CuCl_2+\ Fe=Cu+FeCl_2$$

환 원

$Fe\ -2e\ \rightarrow Fe^{2+}$ 산화

$Cu^{2+}+2e\rightarrow Cu$ 환원

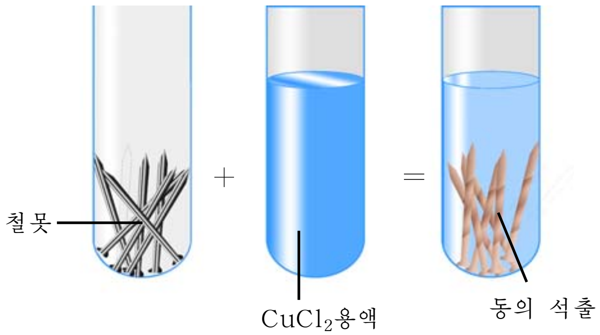


그림 5-3. 염화동용액으로부터 동의 석출

? 화합물로부터 단순물이 생기는 과정을 환원과정이라고 말할수 있는가?

우의 반응에서 보는것처럼 산화와 환원은 한 반응안에서 함께 일어난다.

문 제

1. 다음의 반응에서 산화와 환원을 밝혀라.

ㄱ) 마그네시움의 연소반응 ㄴ) 아연과 염산과의 반응

ㄷ) 마그네시움과 요드와의 반응 ㄹ) 나트리움의 연소반응

ㅁ) 질산은과 동과의 반응

2. 나트리움 46g을 충분한 염소와 작용시켜 염화나트리움을 얻었다. 이때 이동하는 전자수는 얼마인가? (**답.** 2mol)

3. 염산에 아연을 넣으면 수소기체가 나온다. 1mol/L의 HCl 100mL로부터 수소 몇L(표준조건에서)를 얻을수 있으며 수소가 받은 전자수는 얼마인가?

(**답.** 1.12L, 0.1mol)

제2절. 산화환원반응

산화수

NaCl과 같은 이온성물질이 생기는 반응에서는 전자이동이 명백하다. 그러나 H_2과 Cl_2로부터 HCl이 생길 때에는 공유결합이 이루어지므로 산화되였는가 환원되였는가를 가려보기 힘들다.

이 경우에도 Cl의 전기음성도는 3.0으로서 H의 전기음성도 2.1보다 크므로 공유전자쌍은 염소원자가 끌어당기게 된다. 즉 전자쌍이 한쪽으로 쏠린다.

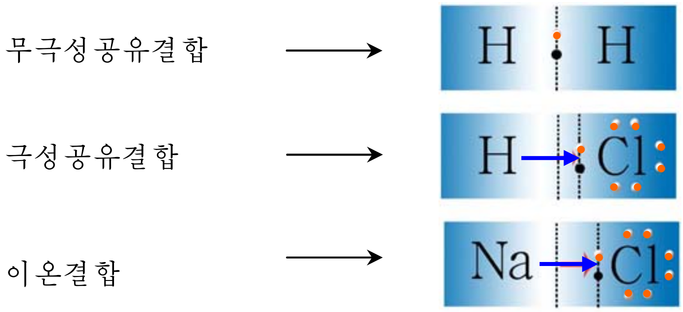


그림 5-4. 화학결합에서 전자의 이동

공유전자쌍이 수소원자로 부터 염소원자쪽으로 쏠렸다는것을 수소원자로부터 염소원자쪽으로 전자가 옮겨졌다고 생각할수 있다. 이렇게 되면 이온화합물에서처럼 전자의 이동으로 산화와 환원을 알아볼수 있다. 이를 위하여 받아들인 개념이 산화수이다.

물질을 이루고있는 원소의 원자들사이에서 전기음성도차에 의해 공유전자쌍이 한쪽으로 완전히 쏠렸다고 생각할 때 원소의 원자가 주고받은 전자수를 **산화수**라고 부른다.

산화수는 다음과 같이 정한다.

① 모든 단순물에서 원소의 산화수는 0이다.

례: 동, 흑연, 산소, 오존(O_3)에서 원소 Cu, C, O의 산화수는 모두 0(령)이다.

② 단원자이온인 경우 그 이온의 이온가가 그대로 산화수로 된다.

③ 모든 화합물에 들어있는 1족원소들의 산화수는 +1, 2족원소들의 산화수는 +2이며 산소의 산화수는 -2이다.

례: 1족원소 $\overset{+1}{K}_2O$, $\overset{+1}{Na}_2SO_4$, $\overset{+1}{Li}NO_3$, $\overset{+1}{H}_2O$, $\overset{+1}{Na}O\overset{+1}{H}$

2족원소 $\overset{+2}{Ca}O$, $\overset{+2}{Mg}SO_4$, $\overset{+2}{Ba}Cl_2$

산소원소 $P_2\overset{-2}{O}_5$, $Si\overset{-2}{O}_2$, $Na_2S\overset{-2}{O}_4$, $Na\overset{-2}{O}H$

※ 금속수소화합물 MH_x에서 수소의 산화수는 −1이며 파산화물에서 산소의 산화수는 −1이다.

④ 화합물에 들어있는 모든 원소의 원자들의 산화수총합이 0(령)이라는데 기초하여 원소의 산화수를 알수 있다.

례: 류산 H_2SO_4에서 류황의 산화수를 결정하여라.

$\overset{+1}{H_2}\overset{X}{S}\overset{-2}{O_4}$ H → +1, S → X, O → −2

(H원소의 산화수)×원자수+(S원소의 산화수)×원자수+(O원소의 산화수)×원자수=0

$(+1)\times2+X\times1+(-2)\times4=0$, $X=+8-2=+6$, $\overset{+1}{H_2}\overset{+6}{S}\overset{-2}{O_4}$

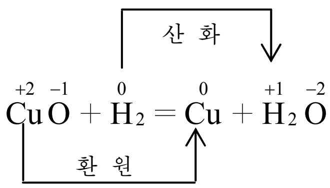
산화환원반응

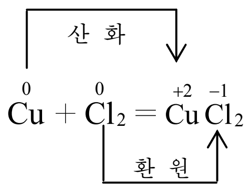
산화동과 수소와의 반응을 산화수변화로 살펴보자.

$$\overset{+2}{Cu}\overset{-2}{O}+\overset{0}{H_2}=\overset{0}{Cu}+\overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O}$$

반응에서 Cu의 산화수는 +2로부터 0으로 작아지고 H의 산화수는 0으로부터 +1로 커졌다. 전자이동의 견지에서 보면 산화수가 커진다는것은 전자를 내준다는것이며 산화수가 작아진다는것은 전자를 받아들인다는것이다.

그러므로 **산화**는 원소의 산화수가 커지는 과정이며 **환원**은 원소의 산화수가 작아지는 과정이다.





반응하는 물질들사이에서 전자의 이동이 있는 반응(또는 산화수변화가 있는 반응)을 산화환원반응이라고 부른다.

ⓘ 원자의 전자적구조로 볼 때 원소의 산화수는 어떤 범위에서 변화되겠는가?

참고 화학식과 산화수 표시

화학식에서 같은 원소기호가 따로따로 표시되였을 때에는 산화수를 따로따로 표시한다.

례: $\overset{-3}{N}H_4\overset{+5}{N}O_3$, $\overset{-3}{C}\overset{+1}{H_3}\overset{+3}{C}\overset{-2}{O}\overset{-2}{O}\overset{+1}{H}$

문 제

1. 다음의 물질들에서 매 원소의 산화수를 결정하여라.

F_2, $Ca(OH)_2$, H_2SO_3, $KMnO_4$, H_3PO_4, N_2O_5, $HClO_3$, Na_2SO_4, K_2SO_3, CuO, $CuSO_4$

2. 다음 물질들사이의 반응을 화학방정식으로 쓰고 산화환원반응을 지적하여라.

ㄱ) 수산화칼시움과 이산화탄소와의 반응

ㄴ) 탄산칼시움과 류산과의 반응

ㄷ) 염산과 철과의 반응

ㄹ) 염소와 수소와의 반응

ㅁ) 질산은과 철과의 반응

3. 농촌들에서는 메탄가스화를 널리 받아들이고있다. 메탄(CH_4)을 연소시키면 탄산가스와 물이 생긴다. 다음의 물음에 대답하여라.

① 표준조건에서 $4\mathrm{m}^3$의 메탄을 연소시킬 때 공기 몇m^3가 필요하겠는가?

② 메탄은 산화되는가 환원되는가?

③ $4\mathrm{m}^3$를 연소시킬 때 옮겨지는 전자수는 얼마인가?

(**답.** $38.1\mathrm{m}^3$, 1 428.57mol)

제3절. 산화제와 환원제

산화제와 환원제란 무엇인가

축포가 터질 때 마그네시움이 연소되는것과 석탄이 연소되는 반응은 단순물들이 참가하는 산화환원반응이다.

산화: Mg → MgO, 환원: O_2 → MgO

$$2\overset{0}{Mg} + \overset{0}{O_2} = 2\overset{+2}{Mg}\overset{-2}{O}$$

산화: C → CO_2, 환원: O_2 → CO_2

$$\overset{0}{C} + \overset{0}{O_2} = \overset{+4}{C}\overset{-2}{O_2}$$

산화환원반응은 화합물과 단순물, 화합물과 화합물들사이에서도 일어난다.

환원: FeO → Fe, 산화: C → CO

$$\overset{+2}{Fe}\overset{-2}{O} + \overset{0}{C} = \overset{0}{Fe} + \overset{+4}{C}\overset{-2}{O}$$

환원: FeO → Fe, 산화: CO → CO_2

$$\overset{+2}{Fe}\overset{-2}{O} + \overset{+2}{C}O = \overset{0}{Fe} + \overset{+4}{C}\overset{-2}{O_2}$$

반응에서 O_2, FeO와 같이 다른 물질을 산화시키는 물질을 **산화제**, Mg, C, CO와 같이 다른 물질을 환원시키는 물질을 **환원제**라고 부른다.

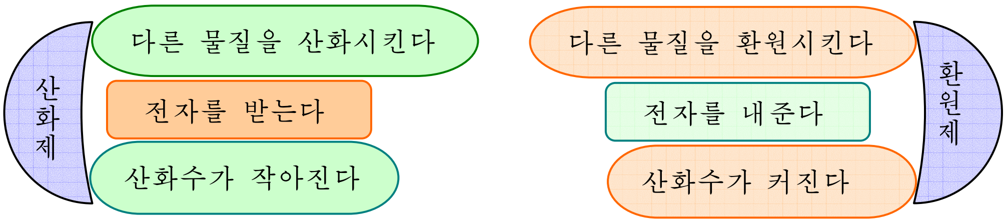
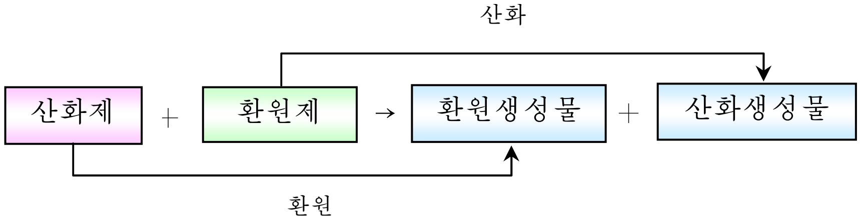


그림 5-5. 산화제와 환원제

산화환원반응은 산화제와 환원제사이의 반응이다.



ⓘ $2KClO_3 \overset{열}{=} 2KCl + 3O_2$ 과 $2HgO \overset{열}{=} 2Hg + O_2$ 을 산화제와 환원제사이의 반응이라고 말할수 있는가?

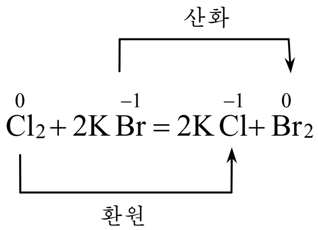
단순물의 산화환원능력

산화제, 환원제의 세기는 반응하는 물질에 따라 달라진다.

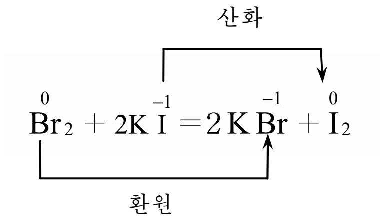
그러므로 물질의 한가지반응을 놓고 산화제의 능력, 환원제의 능력을 평가할수 없다.

할로겐단순물의 산화제적능력을 보자.

브롬화칼리움용액에 염소수를 작용시키면 붉은밤색의 브롬이 생긴다



요드화칼리움용액에 브롬수를 작용시키면 보라색의 요드가 생긴다.



염화칼리움용액에 브롬수를 작용시키면 반응이 일어나지 않는다.

$$Br_2 + KCl \rightarrow \quad \times$$

염소 Cl_2은 Br^-를 산화시킬수 있지만 반대로 Br_2은 Cl^-을 산화시킬 능력이 없다.

그러나 Br_2은 I^-을 산화시킨다. 이것은 Br_2이 Cl_2보다는 산화제적능력은 약하지만 I_2 보다는 세다는것을 보여준다.

즉 산화제적능력은 $Cl_2 > Br_2 > I_2$ 이다.

대표적인 단순물산화제들인 불소(F_2), 산소(O_2), 염소(Cl_2), 브롬(Br_2)가운데서 불소의 산화제적능력이 제일 세다.

ⓘ 비금속은 산화제라고 말할수 있는가?

산화제와 환원제는 반응에 따라 달라진다.

실례로 센산화제라고 하는 산소도 불소와 반응할 때에는 환원제로 된다.

$$2F_2+O_2=2F_2O$$

$$2F_2+2H_2O=4HF+O_2$$

대표적인 비금속환원제는 H_2, C이다.

금속은 화학반응에서 환원제로만 작용한다. 금속의 환원제적능력은 금속의 활성차례와 같다.

K Ca Na Mg Al Mn Zn Fe Ni Sn Pb (H_2) Cu Hg Ag Pt Au

활성이 큰 비금속일수록 산화제적능력이 크고 활성이 큰 금속일수록 환원제적능력이 크다.

화합물의 산화환원능력

화합물의 산화환원능력은 화합물을 이루고있는 중심원소의 산화수에 의하여 평가할수있다.

류황은 화합물에 따라 -2, 0, +4, +6의 산화수를 가진다.

$$H_2\overset{-2}{S} \rightarrow \overset{0}{S} \rightarrow \underset{(SO_2)}{H_2\overset{+4}{S}O_3} \rightarrow \underset{(SO_3)}{H_2\overset{+6}{S}O_4}$$

S의 최대산화수는 +6이며 이때에 류황은 전자를 더는 내줄수 없으며 받아들일수만 있다. 그러므로 S가 +6의 산화수를 가지는 짙은 류산은 산화제로만 작용한다.

례: $$Cu + \underset{\text{산화제}}{2H_2\overset{+6}{S}O_4} = CuSO_4 + \overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O$$

(환원: $\overset{+6}{S} \rightarrow \overset{+4}{S}$)

참고 산화제평가

화합물에서 중심원소의 산화수만을 보고 산화제인가 아닌가를 평가할수 없다. 그것은 산화환원반응이 일어나는것은 조건에 따라 달라지기때문이다.

례: $Cu+H_2SO_{4(\text{묽은 용액})} \rightarrow \times$

반대로 H_2S의 경우에는 류황의 산화수가 -2이므로 전자를 더 받아들일수 없고 전자를 내줄 능력만 있으므로 환원제로만 작용할수 있다.

(산화: $\overset{-2}{S} \rightarrow \overset{+4}{S}$)

$$\underset{\text{환원제}}{2H_2\overset{-2}{S}}+3\overset{0}{O_2}=2H_2O+2\overset{+4}{S}O_2$$

S의 산화수가 0 또는 +4인 경우(S, SO_2) 어떤 물질과 반응하는가에 따라 산화제로도 환원제로도 작용할수 있다.

례: $2H_2\overset{+4}{S}O_3 + O_2 = 2H_2\overset{+6}{S}O_4$ (환원제, 산화) $H_2\overset{+4}{S}O_3 + 2H_2\overset{-2}{S} = 3H_2O + 3\overset{0}{S}$ (산화제, 환원제; 산화, 환원)

산화제적세기가 커진다 →

−4 −3 −2 −1 0 +1 +2 +3 +4 +5 +6 +7

← 환원제적세기가 커진다

대표적산화제: H_2O_2, HNO_3, 짙은 H_2SO_4, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, $KClO_3$, HClO

대표적환원제: CO, $FeSO_4(\overset{+2}{Fe} \rightarrow \overset{+3}{Fe})$, $SnCl_2(\overset{+2}{Sn} \rightarrow \overset{+4}{Sn})$

문 제

1. 다음의 반응에서 일어날수 있는 반응을 갈라내고 반응방정식을 완성하여라.

$Pb(NO_3)_2 + Zn \rightarrow$ $CuSO_4 + Ag \rightarrow$

$CuSO_4 + Zn \rightarrow$ $AgNO_3 + Au \rightarrow$

$Hg(NO_3)_2 + Sn \rightarrow$ $NiSO_4 + Cu \rightarrow$

2. 다음의 반응에서 산화제, 환원제를 갈라내여라.

$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$

$SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4$

$H_2S + I_2 = 2HI + S$

$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$

$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$

3. 다음 표현들에서 옳고 그른것을 찾고 그 리유를 말하여라.

ㄱ) 비금속은 금속과의 반응에서 산화제로만 작용한다.

ㄴ) 수소는 모든 단순물과의 반응에서 환원제로 작용한다.

ㄷ) 불소의 산화제적세기가 제일 크다고 하는것은 불소의 화합물에서 +산화수를 가지지 못하기때문이다.

ㄹ) 산소가 불소 다음으로 산화제적세기가 크다고 하는것은 불소와의 화합물을 제외한 모든 화합물에서 −2, −1의 산화수만을 가지기때문이다.

제4절. 산화환원방정식세우기

산화환원방정식의 결수맞추기는 산화제가 받은 전자수와 환원제가 내준 전자수가 같다는 원리에 기초한다.

산화환원방정식의 결수맞추기순서는 다음과 같다.

① 반응물과 생성물의 화학식을 쓰고 산화수변화가 있는 원소들을 찾아 산화제와 환원제를 가른다.

례: 염소산과 린이 반응하여 린산과 염화수소가 생기는 반응

염소산＋린 → 린산＋염화수소

$$\underbrace{HClO_3 + P}_{\text{반응물}} \rightarrow \underbrace{H_3PO_4 + HCl}_{\text{생성물}}$$

산화

$$H\overset{+5}{Cl}O_3 + \overset{0}{P} \rightarrow H_3\overset{+5}{P}O_4 + H\overset{-1}{Cl}$$

산화제　환원제

환원

② 산화수변화가 있는 원소들로 산화와 환원과정을 전자방정식으로 나타낸다.

$$\overset{+5}{Cl} + 6e \rightarrow \overset{-1}{Cl} \quad : \text{환원}$$

$$\overset{0}{P} - 5e \rightarrow \overset{+5}{P} \quad : \text{산화}$$

③ 주고받은 전자수가 같아지도록 결수를 고른다.

$\overset{+5}{Cl} + 6e \rightarrow \overset{-1}{Cl}$	5
$\overset{0}{P} - 5e \rightarrow \overset{+5}{P}$	6

$$5\overset{+5}{Cl} + 5 \times 6e \rightarrow 5\overset{-1}{Cl}$$

$$6\overset{0}{P} - 6 \times 5e \rightarrow 6\overset{+5}{P}$$

④ 방정식의 량쪽에서 산화수변화가 있는 원소의 원자개수를 맞춘다.

$$5H\overset{+5}{Cl}O_3 + 6\overset{0}{P} \rightarrow 6H_3\overset{+5}{P}O_4 + 5H\overset{-1}{Cl}$$

⑤ 나머지 원소의 원자수를 맞춘다.

$$5HClO_3 + 6P \rightarrow 6H_3PO_4 + 5HCl$$

반응물에서	생성물에서
수소원자 5개	총 수소원자 18＋5＝23
산소원자 15개	산소원자 24개

반응물과 생성물에서 차이나는 수소원자 18개, 산소원자 9개는 반응이 수용액에서 진행되므로 물분자로 맞춘다. 즉 $9H_2O$

⑥ 모든 원자수가 같으면 같기부호로 표기한다.

$$5HClO_3 + 6P + 9H_2O = 6H_3PO_4 + 5HCl$$

례: 묽은 질산과 동과의 반응에서 질산동과 일산화질소가 생긴다. 산화환원방정식을 세워라.

풀이.

$$\underbrace{Cu + HNO_3}_{\text{반응물}} \rightarrow \underbrace{Cu(NO_3)_2 + NO}_{\text{생성물}}$$

산화: $\overset{0}{Cu} \rightarrow \overset{+2}{Cu}$

$$\overset{0}{Cu} + \overset{+1}{H}\overset{+5}{N}\overset{-2}{O_3} \rightarrow \overset{+2}{Cu}(\overset{+5}{N}\overset{-2}{O_3})_2 + \overset{+2}{N}\overset{-2}{O}$$

환원제　산화제

환원: $\overset{+5}{N} \rightarrow \overset{+2}{N}$

산화: $\overset{0}{Cu} - 2e \rightarrow \overset{+2}{Cu}$	3	$(3\overset{0}{Cu} - 3\times2e \rightarrow 3\overset{+2}{Cu})$
환원: $\overset{+5}{N} + 3e \rightarrow \overset{+2}{N}$	2	$(2\overset{+5}{N} + 2\times3e \rightarrow 2\overset{+2}{N})$

$$3Cu + 2HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO$$

이가운데서 $3Cu(NO_3)_2$에 들어있는 6개의 NO_3^-은 산화수변화가 없이 HNO_3에서 NO_3^-이 그대로 넘어온것이다. 그러므로 $2HNO_3$에 $6HNO_3$을 더해서 나타내야 한다.

$$3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO$$

반응물: 수소원자 8개　　생성물: 수소원자 0개

부족한 수소원자수를 물분자로 나타내면 같기식이 성립된다.

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

례: 반응 $K_2MnO_4 + H_2O \rightarrow KMnO_4 + MnO_2 + KOH$의 방정식세우기

풀이

산화: $\overset{+6}{Mn} \rightarrow \overset{+7}{Mn}$

$$\overset{+1}{K_2}\overset{+6}{Mn}\overset{-2}{O_4} + \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O} \rightarrow \overset{+1}{K}\overset{+7}{Mn}\overset{-2}{O_4} + \overset{+4}{Mn}\overset{-2}{O_2} + \overset{+1}{K}\overset{-2}{O}\overset{+1}{H}$$

산화제, 환원제

환원: $\overset{+6}{Mn} \rightarrow \overset{+4}{Mn}$

한가지 물질이 산화제로도 되고 환원제로도 되는 반응을 **자체산화환원반응**이라고 부른다.

산화:	$\overset{+6}{Mn} - e \rightarrow \overset{+7}{Mn}$	2
환원:	$\overset{+6}{Mn} + 2e \rightarrow \overset{+4}{Mn}$	1

$$3\overset{+6}{Mn} \rightarrow 2\overset{+7}{Mn} + \overset{+4}{Mn}$$

$$3K_2MnO_4 + H_2O \rightarrow 2KMnO_4 + MnO_2 + KOH$$

반응물: K-6개 | 생성물: K-3개

여기서 $KMnO_4$의 결수 2는 변화시킬수 없다.

KOH의 결수로써 칼리움원자의 수를 맞춘다.

$$3K_2MnO_4 + H_2O \rightarrow 2KMnO_4 + MnO_2 + 4KOH$$

모자라는 수소 또는 산소원자의 수를 물로 맞춘다.

$$3K_2MnO_4 + 2H_2O = 2KMnO_4 + MnO_2 + 4KOH$$

문 제

1. 다음의 산화환원반응들에서 같은 종류의 반응들을 찾아보아라.

$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 + H_2O$

$KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$

$KOH + Cl_2 \rightarrow KCl + KClO_3 + H_2O$

2. 다음의 산화환원반응의 방정식을 완성하여라.

ㄱ) $S + HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + NO$

ㄴ) $NaCl + H_2SO_4 + MnO_2 \rightarrow Na_2SO_4 + MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$

ㄷ) $MnO_3 + Br_2 + KOH \rightarrow KMnO_4 + KBr + H_2O$

ㄹ) $As_2O_3 + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3AsO_4 + NO$

3. 짙은 염산에 이산화망간 4.35g을 넣고 열주면 염소가 생긴다. 표준조건에서 염소 몇 L가 생기겠는가? (**답.** 1.12L)

제5절. 선철, 강철

철은 자연계에서 화합물상태로 존재한다.

바위상태로 존재하는 철의 화합물을 철광석 또는 쇠돌이라고 부른다.

철광석의 종류에는 자철광(Fe_3O_4), 적철광(Fe_2O_3), 갈철광($2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$), 릉철광($FeCO_3$) 등이 있다.

철을 얻기 위하여 쇠돌속에 들어있는 모래와 같은 불순물을 갈라내는것을 **선광**이라고 부른다.

선철만들기

철은 철광석을 탄으로 환원하여 만든다. 이때의 철에는 탄소가 탄화철 Fe_3C형태로 들어있는데 탄소함량이 2～5%이면 **선철**이라고 부른다.

선철원료는 적철광 Fe_2O_3 또는 자철광 Fe_3O_4이다. 철광석속에는 맥석이라고 하는 SiO_2이 들어있다. 이것을 없애기 위하여 석회석 $CaCO_3$을 리용한다.

선철생산은 용광로에서 진행한다.

원료는 용광로웃부분으로 넣어주며 용광로아래부분에서 공기를 불어넣는다.

용광로에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

$$C + O_2 = CO_2; \quad -396kJ$$

$$CO_2 + C = 2CO; \quad +174kJ$$

$$3Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2$$

$$Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2$$

$$FeO + CO = Fe + CO_2$$

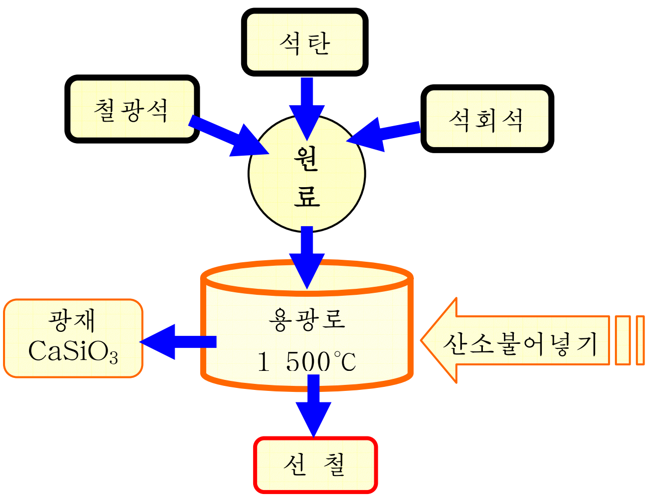


그림 5-6. 선철생산공정도

생긴 철은 녹아서(1 200℃) 로밑에 고인다.

일부 철은 탄소와 반응하여 Fe_3C로 되여 쇠물속에 용해된다.

한편 석회석은 분해되여 다음과 같이 반응한다.

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3 \text{(광재)}$$

생긴 광재($CaSiO_3$)는 녹아서 쇠물우에 뜨는데 웃부분으로는 $CaSiO_3$을 뽑아내고 아래부분으로는 선철을 뽑아낸다.

철광석으로부터 선철을 생산하는 공장이 제철소이다.

선철은 녹음점이 낮고 잘 흐르는 성질이 있어 주물품을 만드는데 쓴다. 약점은 충격을 주면 깨지는것이 있다.

참고 산소열법에 의한 선철생산

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 일찌기 우리 나라에서 나오는 석탄으로 선철을 생산할데 대한 간곡한 가르치심을 주시였다.

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 어버이수령님의 유훈관철에로 우리의 과학자, 기술자들을 힘있게 불러일으키시여 산소열법에 의한 선철만들기방법을 성공시켜 주시였다.

산소열법에 의한 선철만들기는 콕스대신 석탄을 리용하며 산소를 불어넣어 석탄이 탈 때 생기는 높은 열로 쇠돌을 녹여 철을 만드는 방법이다.

이때 리용되는 용해로는 용광로보다 작은 중형로이다. 잘게 바순 쇠돌, 석탄, 석회석을 일정한 비률로 섞어 로꼭대기에 있는 장입구로 넣고 로밑으로는 산소가 60% 들어있는 공기-산소혼합기체를 일정한 압력으로 불어넣는다.

용해로에서 진행되는 반응은 다음과 같다.

$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$
$$Fe_3O_4 + 4C = 3Fe + 4CO$$

얻어진 쇠물은 로밑통에 모이며 일정한 시간간격으로 뽑아낸다.

쇠돌과 석탄이 반응할 때 생기는 CO는 로의 중간아래부분에서 불어넣는 산소와 반응하여 CO_2로 되면서 많은 열을 낸다. 이 반응이 일어나는 부분의 온도는 1 600 ~ 1 800℃로서 혼합물이 끓을 때 튀여올라오는 알갱이들을 활성화시켜 반응이 빨리 일어나게 한다.

강철만들기

강철을 만드는 원료는 선철, 삼화철, 파철이다.

선철속에는 C, Si, P 등이 들어있으므로 이것을 없애기 위하여 산소를 불어넣어 산화물로 제거한다.

제철소에서는 강철을 만들기 위하여 1 500℃의 용광로에서 쇠물을 뽑아 전로에 넣고 주기적으로 흔들어주면서 산소를 불어넣어준다. (그림 5-8)

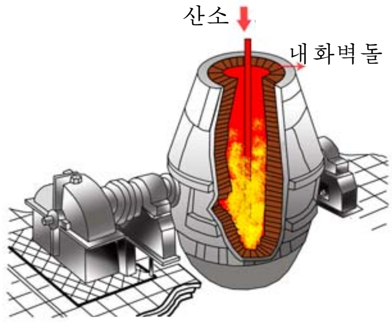


그림 5-7. 전로

이때 다음의 반응이 일어난다.

$$2Fe + O_2 = 2FeO$$
$$C + FeO = Fe + CO\uparrow$$
$$2P + 5FeO = 5Fe + P_2O_5\uparrow$$
$$Si + 2FeO = 2Fe + SiO_2$$

생겨난 SiO_2을 없애기 위하여 석회석가루를 조금씩 넣어준다.

그러면 $CaSiO_3$이 생겨 쇠물우에 뜬다.

강철을 전문적으로 생산하는 제강소에서는 제철소와 달리 원료로서 삼화철,파철을 리용한다.

철광석덩어리나 가루를 석회석, 석탄과 섞어서 회전로에서 1 300℃로 구워내면 반용융상태의 삼화철이 생긴다. 산화제로서는 철광석 또는 파철 걸면의 산화철을 리용한다.

파철을 녹이기 위하여 전기용접처럼 전극을 접촉시켜 높은 열을 얻는 전기로를 리용한다.(그림 5-9) 철광석이나 철걸면에 생긴 녹의 주성분은 Fe_2O_3이다.

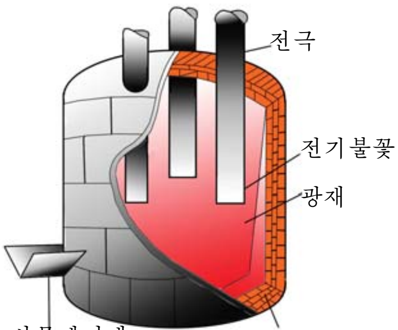


그림 5-8. 전기로

$$Fe + Fe_2O_3 = 3FeO$$

이렇게 생긴 FeO가 선철속에 들어있는 C, Si, P를 제거한다. 전기로에서는 여러가지 금속을 넣어 특수강도 뽑는다.

참고 초고전력에 의한 강철생산

위대한 령도자 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 강선의 로동계급은 자체의 힘으로 초고전력전기로를 훌륭히 완성하였다.

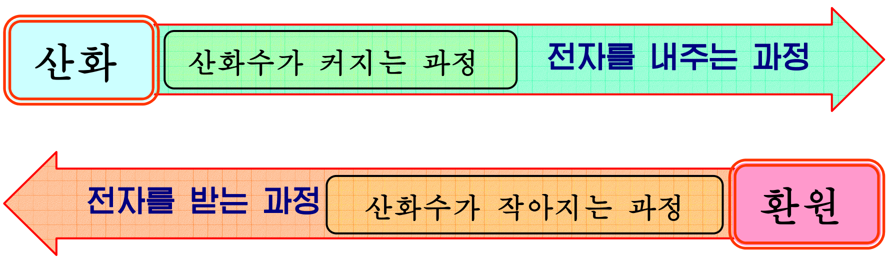
초고전력에 의한 강철생산은 일반전기로에 비하여 단위시간당 투입되는 전력량을 약 2배로 높여 용해시간을 대폭 줄이고 생산성을 훨씬 높여 강철 t당 전력소비량을 줄이는 방법이다. 전기로는 투입되는 전력에 따라 일반전기로와 고전력전기로, 초고전력전기로로 나눈다. 투입전력은 로에 리용되는 변압기용량(kVA)을 로의 크기(1회 생산량 t)로 나눈 값이다. 이 값이 700kVA/t 이상인 전기로를 초고전력전기로라고 부른다. 초고전력전기로는 제강시간이 8~10h인 일반전기로에 비하여 1~1.5h밖에 되지 않으며 전력소비는 일반전기로의 50%, 전극과 내화물소비는 30%밖에 되지 않는다.

문 제

1. 숯을 써서 철을 생산하면 질이 좋은 철이 얻어진다. 그런데 환원제로 탄을 리용하는것은 무엇때문인가?
2. 환원제로 탄이나 일산화탄소를 쓰지 않고 철을 만들수 있는 방정식을 2가지 써보아라.
3. 철 10만t을 생산하자면 품위가 60%인 자철광 몇t이 필요하며 이때 95%품위의 석탄은 얼마나 들겠는가? (**답.** 23만t, 1.5만t)

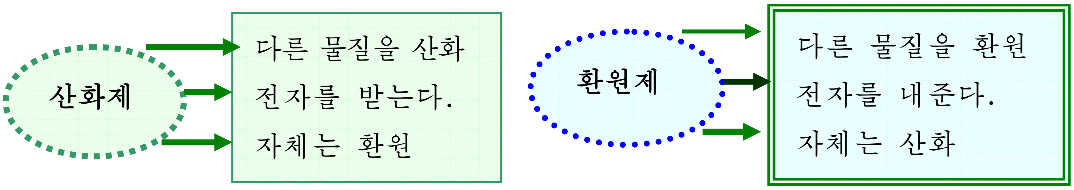
장 종 합

산화환원반응—반응하는 물질들사이에 전자이동이 있는 반응



-4 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 +4 +5 +6 +7

산 화 수 의 변 화 범 위



산화환원방정식세우기원리:
환원제가 내준 전자수 = 산화제가 받은 전자수

복습문제

1. 아래의 물질에서 질소의 산화수가 제일 작은 물질을 지적하여라.

N_2O, $MgNH_4PO_4$, N_2H_4, HNO_2

2. 아래의 물질들가운데서 전형적인 산화제, 전형적인 환원제로 작용할수 있는것을 찾고 그것을 방정식으로 나타내여라.

NaCl, Cl_2, H_2SO_4, Al, H_2O, H_2O_2, $Fe(NO_3)_2$, HCl

3. 다음의 방정식에서 정확한것을 찾아내여라.

ㄱ) $2H_2SO_4 + 4H_2S = 6H_2O + SO_2 + 5S$

ㄴ) $4H_2SO_4 + 2H_2S = 6H_2O + 5SO_2 + S$

ㄷ) $H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$

4. 다음의 산화환원방정식을 완성하여라.

$Mg + HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O$

$KMnO_4 + KNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + KNO_3 + H_2O$

5. Na_2Sx에서 x는 2~6의 값을 가진다.

반응 $Na_2Sx + NaClO + NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + NaCl + H_2O$에서 NaClO와 NaOH의 물질량비는 5:2이다. x의 값을 계산하여라.

6. 다음과 같은 반응이 있다.

$$A + B^{2+} \rightarrow A^{2+} + B$$

$$2A^{2+} + C_2 \rightarrow 2A^{3+} + 2C^{-}$$

$$B + 2A^{3+} \rightarrow B^{2+} + 2A^{2+}$$

① A^{2+}, B^{2+}, A^{3+}, C_2의 산화제적세기를 비교하여라.

② $A + A^{3+}$, $A^{2+} + B^{2+}$는 반응할수 있는가? 방정식으로 나타내여라.

7. 다섯종의 금속 A, B, C, D, E가 있다.

① 5종의 금속중에서 산용액에서 수소를 내보내지 못하는 금속 2종이 있다.

② C는 염용액에서 금속 D를 치환석출시킨다.

③ A와 B, E를 물에 넣으면 A에서만 수소가 나오며 끓이면 E에서도 나온다.

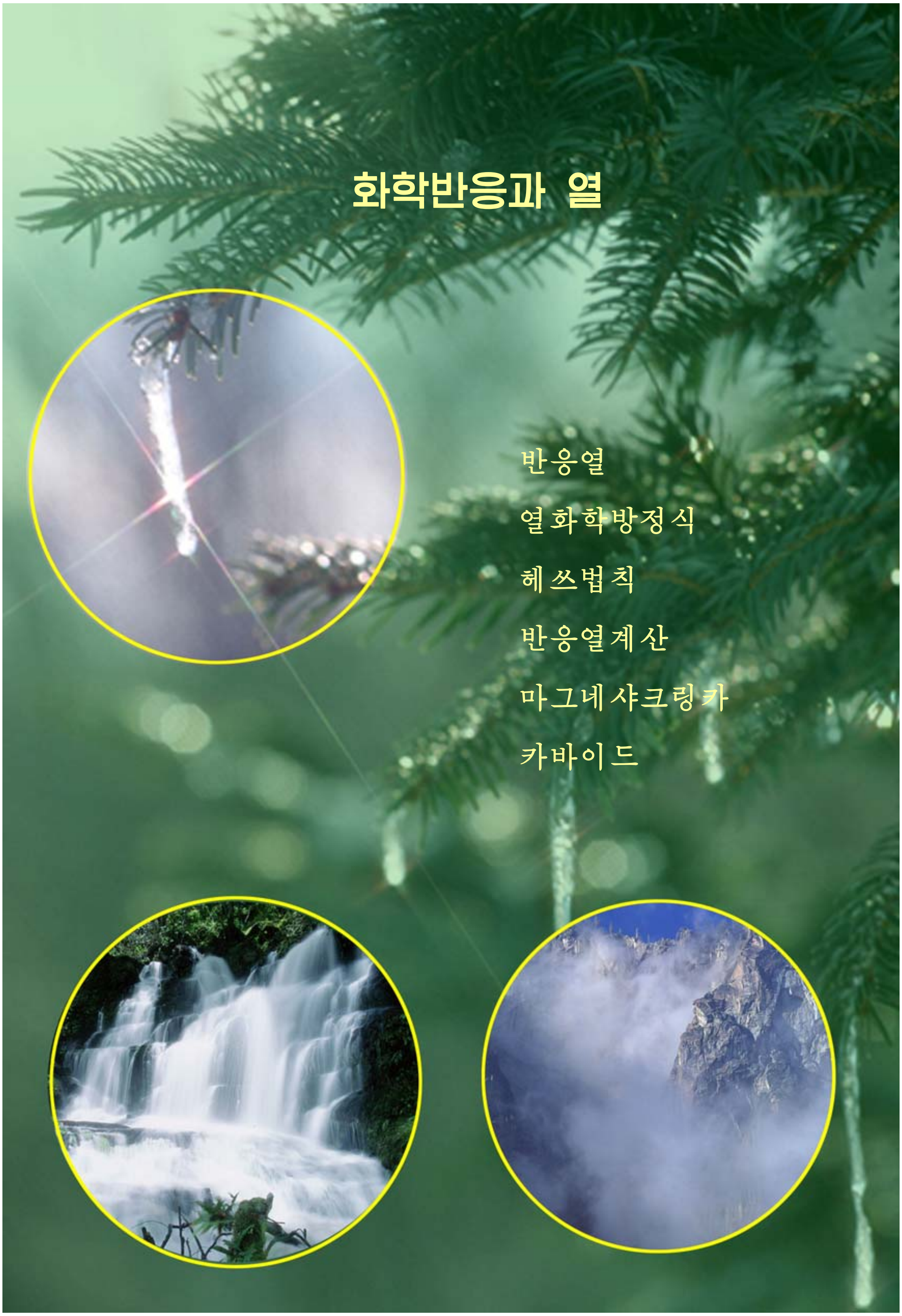
④ C는 묽은 류산과는 반응하지 않지만 질은 류산과는 반응한다.

금속의 활성차례를 지적하여라.

8. 어떤 강철쪼각 10g을 산소속에서 연소시킬 때 CO_2 0.3L를 얻었다.(표준조건에서) 이 강철에 탄소가 몇% 들어있는가? (**답.** 1.6%)

9. 기계공장에서 나오는 철밥(절삭밥)을 리용하여 붉은색감인 Fe_2O_3을 만든다. 이것을 만드는 방법을 2가지로 설계해보고 방정식으로 나타내여라.

10. 산화철과 산화동이 섞여있는 혼합물을 가장 간단한 화학적방법을 써서 순수한 류산철용액으로 만들수 있는가?



화학반응과 열

반응열

열화학방정식

헤쓰법칙

반응열계산

마그네샤크링카

카바이드

제6장. 화학반응과 열

화학반응들가운데는 열과 빛이 나는 반응도 있고 폭발과 같이 체적이 갑자기 불어나는 반응도 있다. 이것은 화학반응이 일어날 때 새로운 물질이 생기는것과 함께 여러가지 형태의 에네르기가 생긴다는것을 말해준다.

이 장에서는 화학반응에서 나드는 열과 그것을 알아내는 방법에 대하여 학습하게 된다.

제1절. 반 응 열

화학반응에서의 열효과

화학반응에는 열을 내면서 일어나는 반응도 있고 열을 받아들이면서 일어나는 반응도 있다. 실례로 석탄이 탈 때 많은 열을 내면서 반응이 일어난다.

$$C + O_2 = CO_2$$: 열을 낸다.

농촌에서 많이 리용하는 생석회(CaO)를 만들자면 석회석($CaCO_3$)을 구워내야 한다. 이때에는 열을 주어야만 분해반응이 일어난다.

$$CaCO_3 \overset{\text{가열}}{=} CaO + CO_2$$: 열을 받아들인다.

화학반응에서 내보내거나 받아들이는 열을 통털어 **반응열**이라고 부른다.

열을 내보내면서 일어나는 반응을 **발열반응**, 열을 받아들이면서 일어나는 반응을 **흡열반응**이라고 부른다.

? 열을 내보내거나 받아들이는 과정을 곧 화학반응이라고 말할수 있는가?

화학반응에서 열은 어떻게 되여 나드는가.

모든 물질들은 에네르기를 가지고있으며 그 크기는 서로 다르다.

반응물들이 가지고있는 에네르기합이 생성물들이 가지고있는 에네르기합보다 크면 그 차만 한 에네르기를 열형태로 밖으로 내보낸다.

반대로 반응물이 가지고있는 에네르기합이 생성물들이 가지고있는 에네르기합보다 작으면 그 차만 한 열을 받아들인다.

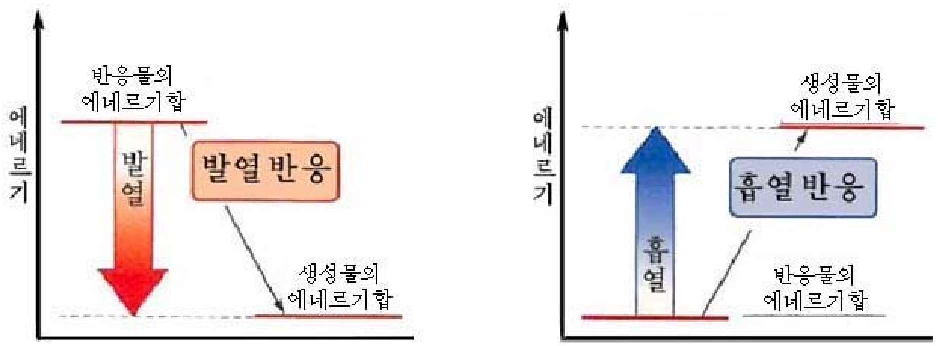


그림 6-1. 발열반응과 흡열반응

물질 1mol이 가지고있는 에네르기를 **열함수**(H)라고 부른다.

실례로 반응 $C+H_2O=CO+H_2$ 에서는 131kJ의 열을 받아들인다.

반응 $C+O_2=CO_2$ 에서는 394kJ의 열이 난다. (그림 6-2)

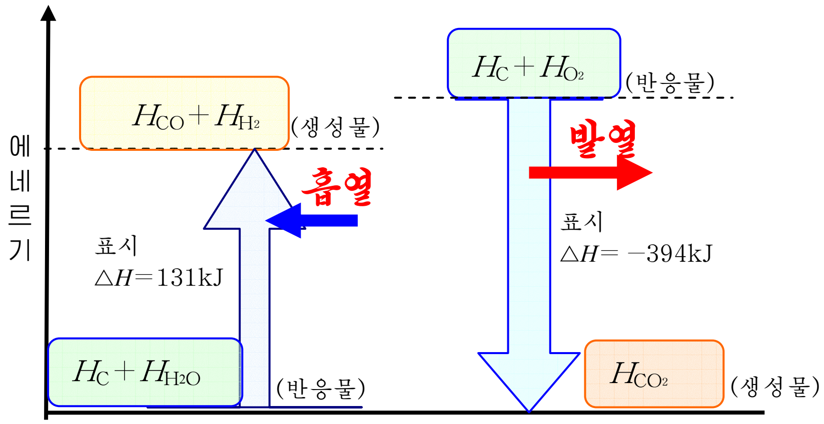


그림 6-2. 화학반응에서의 열

ⓘ 물질마다 가지고있는 에네르기(열함수)가 다른것은 물질의 몰질량이 서로 다르기때문인가?

문 제

1. 흑연을 연소시키면 열과 빛이 나온다. 흑연 1mol이 연소될 때의 반응열은 394kJ이다. 여기에 빛에 해당한 에네르기도 포함되여있는가?

2. 탄소가 90% 들어있는 무연탄을 완전히 연소시켜 5 000kJ의 열을 얻었다. 탄소가 100% 들어있는 탄 1mol을 연소시킬 때 396kJ의 열이 난다. 무연탄을 몇g 연소시켰는가? (**답.** 168.3g)

3. 메틸알콜(CH_3OH)을 연소시키면 탄산가스와 물이 생긴다. 96%의 메틸알콜 100g 을 연소시킬 때 2 178kJ의 열이 나온다. 방정식을 쓰고 그에 해당한 반응열을 계산하여라. (**답.** -726kJ)

참고 물질의 에네르기와 열함수

화학에서는 물체가 가지는 운동에네르기와 자리에네르기에 대해서는 관심을 가지지 않는다. 실례로 날아가는 총알을 관찰할 때 물리에서는 속도와 자리에 대하여 관심을 가지지만 화학에서는 총알을 이루는 물질에만 관심을 가진다. 그러므로 물질의 총에네르기는 력학적에네르기와 내부에네르기로 나눈다.

내부에네르기는 물질자체와 관련된 에네르기이며 온도, 압력, 모임상태에 따라 달라진다. 이것을 고려하여 **열함수**로 표현한다.

물질의 총에네르기 = 력학적에네르기 + 내부에네르기

제2절. 열화학방정식

반응열과 화학방정식

수소와 염소가 반응하여 염화수소 1mol이 생길 때 92kJ의 열이 난다.
이것을 화학방정식에 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}Cl_2 = HCl\ ;\quad \triangle H = -92kJ$$

화학방정식에서 결수를 옹근수로 나타내면

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

이 방정식에서 염화수소는 2mol이므로 $\triangle H = -92kJ \times 2 = -184kJ$
이것을 방정식에 함께 나타내면

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl\ ;\quad \triangle H = -184kJ$$ 이다.

반응열을 함께 표시한 화학방정식을 열화학방정식이라고 부른다.
열화학방정식의 의미는 다음과 같다.

① 반응물인 수소 1mol과 염소 1mol이 가지고있는 에네르기는 생성물인 염화수소2mol이 가지고있는 에네르기보다 184kJ만큼 크다는것을 나타낸다.

$$\triangle H = 2H_{HCl} - (H_{H_2} + H_{Cl_2}) = -184kJ$$

② 물질들의 변화과정에 에네르기가 보존된다는것을 나타낸다.

$$H_{H_2} + H_{Cl_2} = 2H_{HCl} + 184kJ$$

따라서 거꿀반응 $2HCl = H_2 + Cl_2$이 진행되자면 열을 184kJ만큼 받아들여야 한다.

물질의 상태와 반응열

물질은 모임상태에 따라 열함수의 크기가 다르다.(그림 6-3)

례: $H_{물} - H_{얼음} = 6.1kJ$ $H_{물김} - H_{물} = 44kJ$

그러므로 반응물과 생성물의 모임상태를 밝혀야 반응열을 정확히 나타낼수 있다.

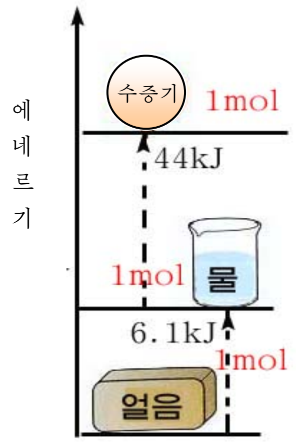


그림 6-3. 물의 상태변화와 열

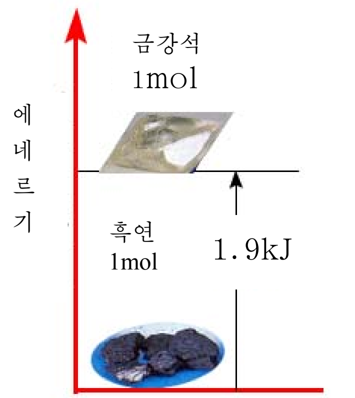


그림 6-4. 탄소의 동소전환에네르기

모임상태는 화학식의 오른쪽아래 ( )안에 밝힌다.

례: $2H_{2(기)} + O_{2(기)} = 2H_2O_{(기)}$; $\triangle H = -484kJ$
$2H_{2(기)} + O_{2(기)} = 2H_2O_{(액)}$; $\triangle H = -572kJ$

모임상태가 같은 경우라고 해도 동소체인 경우 물질의 이름을 밝혀야 한다.

실례로 흑연과 금강석은 서로 동소체이며 고체물질이지만 반응열에서는 차이가 난다.(그림 6-4)

$$C_{(흑연)} + O_{2(기)} = CO_{2(기)} \ ; \quad \triangle H = -394kJ$$

$$C_{(금강석)} + O_{2(기)} = CO_{2(기)} \ ; \quad \triangle H = -395.9kJ$$

? 흑연이 금강석보다 안정한데 반응열은 왜 작은가?

열화학방정식을 리용하면 생산에서 제기되는 열량을 계산할수 있다.

례: 메탄 1mol이 연소될 때 890.4kJ의 열이 나온다. 메탄 2 000L(표준조건)를 연소시킬 때 나오는 열량은 얼마이겠는가?

풀이. 조건: V=2 000L

$\triangle H_1$=890.4kJ

물음: $\triangle H_2$=?

계산: CH_4 $\triangle H_1$

1mol 890.4kJ

$n$mol $n \times \triangle H_1$

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{2000L}{22.4L/mol} = 89.3mol$$

$\triangle H_2 = n \times \triangle H_1$=89.3mol×890.4kJ/mol=79500kJ

답. 79 500kJ

례: 1g의 탄이 연소될 때 33kJ의 열이 난다. 열화학방정식을 써보아라.

풀이. 조건: m=1g

$\triangle H$=-33kJ

물음: $\triangle H$ (반응열)=?

계산: C + O_2 = CO_2

1g 33kJ

12g(1mol) $\triangle H$ (반응열)

$\triangle H$ (반응열)=－33kJ/g×12g=－396kJ

$C + O_2 = CO_2$; $\triangle H$ (반응열)=－396kJ

참고 — 연 소 열

물질 1mol이 충분한 산소속에서 연소될 때 내는 열을 그 물질의 **연소열**이라고 부르며 kJ/mol로 나타낸다.

례: 메탄의 연소열 890.4kJ/mol

문 제

1. 탄산칼시움 10g이 분해될 때 17.5kJ의 열을 받아들인다. 탄산칼시움의 분해반응을 열화학방정식으로 나타내여라.

2. 일산화탄소가 연소될 때의 연소열은 285kJ/mol이다. 이 반응을 열화학방정식으로 나타내여라.

3. 수소 1kg이 연소되여 물이 생길 때와 흑연 1kg이 연소되여 이산화탄소가 생길 때 나오는 열량은 얼마이며 차이나는 원인을 설명하여라. (**답.** 143 000kJ, 32 833.3kJ)

4. 메탄의 연소열은 890.4kJ/mol이며 수소의 연소열은 242kJ/mol이다. 메탄과 수소의 혼합물 11.2L(표준조건)를 연소시켰더니 315.4kJ의 열이 나왔다. 혼합물속에 들어있는 메탄과 수소의 물질량은 얼마인가? (**답.** 0.3mol, 0.2mol)

제3절. 헤쓰법칙

생성열

단순물로부터 화합물이 생기는 반응을 보자

$$H_{2(기)}+Cl_{2(기)}=2HCl_{(기)};\quad \triangle H=-184kJ$$

$$2H_{2(기)}+O_{2(기)}=2H_2O_{(기)};\quad \triangle H=-484kJ$$

$$C_{(고)}+O_{2(기)}=CO_{2(기)};\quad \triangle H=-394kJ$$

이 반응들에서 공통적인것은 생성물이 한가지인것이다. 이런 경우에는 반응열을 해당 생성물의 생성열로 바꿀수 있다. 그러나 반응결수에 따라 반응열값은 달라지므로 생성물 1mol에 해당한 반응열로 나타내면 서로 비교할수 있다.

단순물로부터 화합물 1mol이 생길 때의 반응열을 그 화합물의 **생성열**이라고 부른다.

표시: $\triangle H_{생}$

단위: kJ/mol

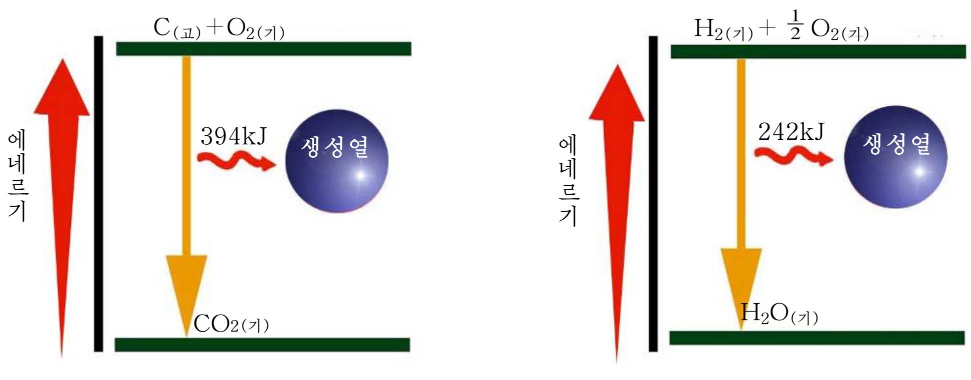


그림 6-5. CO_2과 H_2O의 생성열

물질의 생성열은 모임상태에 따라서도 달라진다.(표 6-1)

몇가지 물질의 생성열 표 6-1

물질	$\Delta H_{생}$/ kJ · mol^{-1}	물질	$\Delta H_{생}$/ kJ · mol^{-1}	물질	$\Delta H_{생}$/ kJ · mol^{-1}
$HF_{(기)}$	−269	$CO_{(기)}$	−111	$H_2SO_{4(액)}$	−811
$HCl_{(기)}$	−92	$CO_{2(기)}$	−394	$HNO_{3(액)}$	−173
$HBr_{(기)}$	−36	$SO_{2(기)}$	−297	$NaCl_{(고)}$	−411
$HI_{(기)}$	+26	$NH_{3(기)}$	−46	$NaOH_{(고)}$	−427
$H_2O_{(기)}$	−242	$CH_{4(기)}$	−75	$Ca(OH)_{2(고)}$	−986
$H_2O_{(액)}$	−286	$H_2S_{(기)}$	−20	$Al_2O_{3(고)}$	−1 675

? 화합반응의 반응열을 반응결과 생긴 화합물의 생성열이라고 말할수 있는가?

참 고 **표준생성열**

물질의 열함수가 온도와 압력에 따라 다르므로 물질의 생성열도 온도와 압력에 따라 달라진다. 표에 실린 생성열은 25℃(298K), 0.1MPa인 조건에서 측정한 값이다. 이 값을 **표준생성열**이라고 부른다.

기체의 체적을 나타낼 때에는 표준조건이 0℃, 0.1MPa이였지만 반응열을 다룰 때에는 25℃, 0.1MPa이 표준조건으로 설정된다. 모든 단순물의 표준생성열은 령(0)으로 한다.

동소체가 있는 경우 가장 안정한 동소체를 기준으로 잡는다.

례: $C_{금강석}+O_2=CO_2$; ΔH=-395.9kJ (반응열)

$C_{흑연}+O_2=CO_2$; ΔH=-394kJ (반응열)

금강석보다 흑연이 1.9kJ 더 안정하므로 CO_2의 생성열은 $C_{(흑연)}$를 기준으로 하여 나타낸다. 즉 $\Delta H_{생,CO_2}$=-394kJ/mol

류황에서는 사방류황을 기준으로 잡고 표준생성열을 결정한다.

헤쓰법칙

주어진 반응물로부터 생성물을 얻을 때 서로 다른 길을 거칠수 있다.
실례로 흑연을 연소시켜 이산화탄소를 얻을 때 두가지 길을 거친다.

첫째 길:　$C_{(흑연)}+O_{2(기)}=CO_{2(기)}$;　$\Delta H_{생,CO_2}$=-394kJ

둘째 길:　$2C_{(흑연)}+O_{2(기)}=2CO_{(기)}$;　$\Delta H=-222kJ$　(1)

$$\Delta H=\Delta H_{생,CO}\times 2$$

생성물인 CO는 다시 산소와 작용하여 파란 불길을 내면서 CO_2로 변화된다.

$$2CO_{(기)}+O_{2(기)}=2CO_2 : \Delta H=-566kJ \quad (2)$$

반응 (1)과 (2)를 합하면

$$\begin{array}{l} 2C_{(흑연)} + O_{2(기)} = 2CO_{(기)};\quad \Delta H=-222kJ \\ +)\ 2CO_{(기)} + O_{2(기)} = 2CO_2;\quad \Delta H=-566kJ \\ \hline 2C_{(흑연)} + 2O_{2(기)} = 2CO_2;\quad \Delta H=[(-222)+(-566)]kJ \end{array}$$

결수를 약분하면

$$C_{(흑연)}+O_2=CO_2;\quad \Delta H=[(-111)+(-283)]kJ=-394kJ$$

이것은 첫번째 길과 같다.

$$\underset{첫째\ 길의\ 반응열}{\underline{-394kJ}} = \underset{둘째\ 길의\ 반응열}{\underline{(-111kJ)+(-283kJ)}}$$

반응열은 반응이 어떤 길을 따라 일어나는가에 관계없이 처음상태와 마감상태가 같으면 언제나 같다. 이것을 **헤쓰법칙**이라고 부른다.(그림 6-6)

헤쓰법칙은 화학반응뿐아니라 물리적인 변화와 물질의 용해과정에도 적용된다.

실례로 얼음으로부터 직접 수증기로 전환되는 과정의 열함수변화를 계산할수 있다.(그림 6-7)

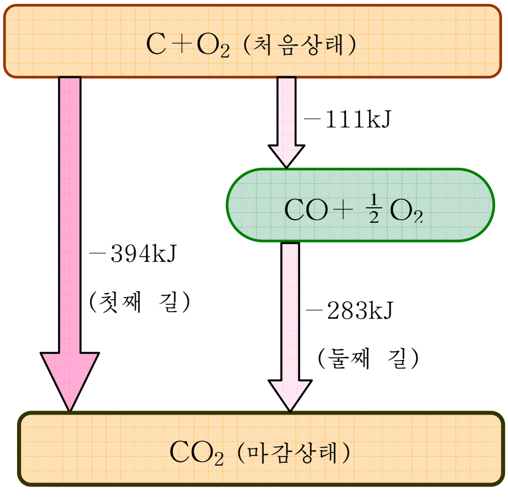


그림 6-6. CO_2이 생기는 반응의 길과 반응열

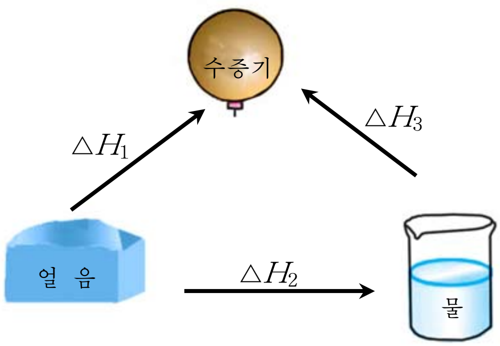


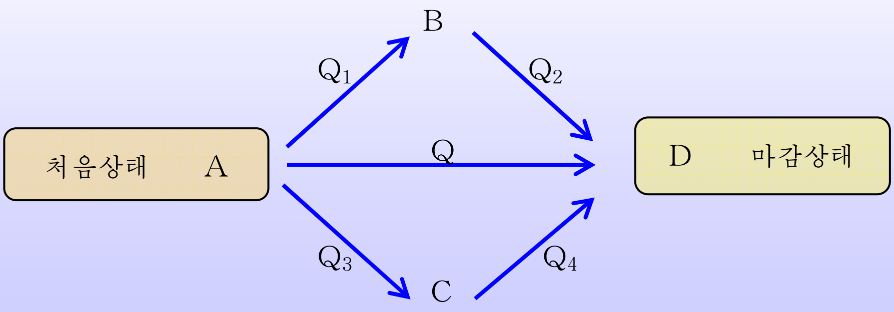
그림 6-7. 물의 상태변화와 열함수변화

$\Delta H_{1(얼음\rightarrow수증기)} = \Delta H_{2(얼음\rightarrow물)} + \Delta H_{3(물\rightarrow수증기)}$

$\Delta H_1 = 6.1\text{kJ} + 44\text{kJ} = 50.1\text{kJ}$

참 고 — 헤 쓰

헤쓰(1802-1850)는 화학자이며 열화학창시자들중의 한사람이다. 헤쓰는 여러가지 화학반응의 반응열을 정밀하게 측정하는 실험을 꾸준히 진행함으로써 1840년에 총열량합일정의 법칙(헤쓰법칙)을 발견하였다. 그가 발표한 도식은 다음과 같다.



$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 = Q$

문 제

1. 반응 $C + H_2O = CO + H_2$을 생성열에 기초하여 헤쓰법칙을 적용할수 있는 도식으로 나타내여라.

2. 11.16g의 철이 류황과 화합할 때 19kJ의 열이 난다. 류화철의 생성열을 계산하여라. (**답.** -95kJ)

3. 금속나트리움과 염소기체로부터 염화나트리움이 생기는 과정을 헤쓰법칙을 적용할수 있는 과정으로 나타내여라.

4. 산화철 Fe_2O_3이 생기는 과정의 길을 헤쓰법칙을 적용할수 있는 과정으로 나타내고 열함수변화를 나타내여라.

5. 흑연은 금강석보다 1.9kJ/mol 더 안정하다. 그런데 금강석의 연소열이 395.9kJ/mol로서 흑연의 연소열보다 큰것은 무엇때문인가? 도식으로 나타내고 설명하여라.

제4절. 반응열계산

화학반응에서 반응열을 따지는것은 매우 중요하다.

빨갛게 단 탄층에 물김을 불어넣을 때 일어나는 반응은 흡열반응이다.

$$C_{(고)} + H_2O_{(기)} = CO_{(기)} + H_{2(기)}; \quad \triangle H > 0$$

이 반응이 계속 일어나게 하자면 열을 보충해줄수 있는 석탄이 연소되는 발열반응을 함께 일으켜야 한다.

$$C_{(고)} + O_{2(기)} = CO_{2(기)}; \quad \triangle H < 0$$

이때 물김과 산소를 얼마나 섞어야 알맞춤하겠는가를 알자면 두 반응의 반응열을 알아야 한다.

반응열을 알아내는데는 직접 재는 방법도 있고 재기 어려운 경우에는 계산으로 알아낼수 있다. 흔히 물질의 생성열을 많이 리용한다.

생성열에 의한 반응열계산

빨갛게 단 탄과 물김이 반응할 때의 반응열을 계산해보자.

$$C_{(고)} + H_2O_{(기)} = CO_{(기)} + H_{2(기)}$$

생성열을 리용하여 헤쓰법칙이 적용되는 도식으로 나타내면 반응열을 쉽게 알아낼수 있다.

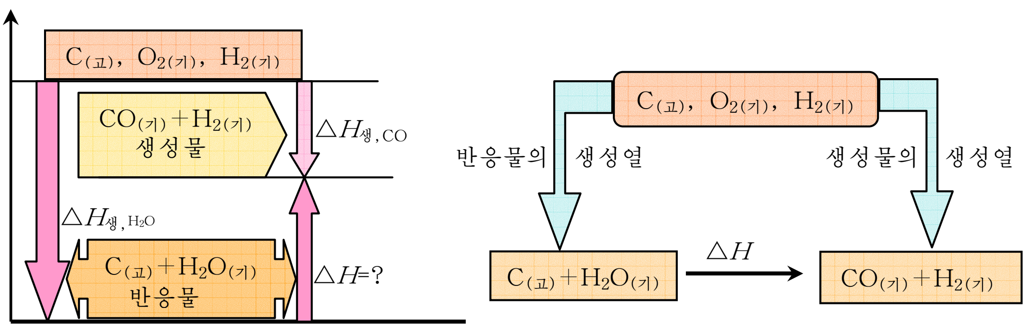


그림 6-8. 반응열계산

헤쓰법칙에 의하여

$$\triangle H_{생,H_2O} + \triangle H = \triangle H_{생,CO}$$

$$\triangle H = \underbrace{\triangle H_{생,CO}}_{생성물} - \underbrace{\triangle H_{생,H_2O}}_{반응물} = -111\text{kJ} - (-242\text{kJ}) = 131\text{kJ}$$

반응열 = 생성물들의 생성열합 − 반응물들의 생성열합

CO_2의 생성열($C+O_2=CO_2$)은 -394kJ이므로 그대로 반응열로 된다.
두 반응의 반응열비를 보면 131kJ:394kJ≈1:3으로 된다.
그러므로 $H_2O:O_2=3:1$의 비로 섞어 넣어주면 반응은 계속 일어난다.

ⓘ 반응 $CO+H_2O_{(기)}=CO_2+H_2$의 반응열을 생성열을 리용하여 계산하여라.

례: 생성열값을 리용하여 다음 반응의 반응열을 계산하여라.

$$Fe_2O_{3(고)}+3CO_{(기)}=2Fe_{(고)}+3CO_{2(기)}$$

$$\triangle H_{생,Fe_2O_3}=-815.9\text{kJ/mol}$$
$$\triangle H_{생,CO}=-111\text{kJ/mol}$$
$$\triangle H_{생,CO_2}=-394\text{kJ/mol}$$

풀이. 반응열=생성물의 생성열합−반응물의 생성열의 합

반응물의 생성열합 $=\triangle H_{생,Fe_2O_3}+3\text{mol}\times\triangle H_{생,CO}$

$=1\text{mol}\times(-815.9\text{kJ/mol})+3\text{mol}\times(-111\text{kJ/mol})=-1148.9\text{kJ}$

생성물의 생성열합 $=3\text{mol}\times\triangle H_{생,CO_2}=3\text{mol}\times(-394\text{kJ/mol})=-1182\text{kJ}$

$\triangle H=-1182\text{kJ}-(-1148.9\text{kJ})=-33.1\text{kJ}$

답. $\triangle H=-33.1\text{kJ}$

결합에네르기

수소분자 1mol을 수소원자로 갈라놓으려면 436kJ의 에네르기를 받아들여야 하며 반대로 수소원자로부터 H−H결합 1mol이 생길 때에는 436kJ의 에네르기를 내놓아야 한다.

원자로부터 두 원자사이의 결합이 형성될 때 내보내는 에네르기를 결합에네르기라고 부른다.

결합에네르기의 단위는 kJ/mol이다.

2원자분자의 결합에네르기와 해리에네르기는 크기는 같고 부호만 반대이다.

수소분자의 결합에네르기=−436kJ/mol

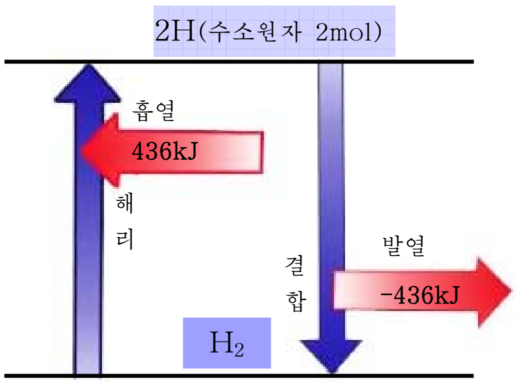


그림 6-9. 수소분자의 해리에네르기와 결합에네르기

례: H_2O 1mol을 수소원자와 산소원자로 갈라놓는데 926kJ의 에네르기가 든다. O－H의 결합에네르기를 구하여라.

풀이. ∣물분자의 해리에네르기∣＝∣물분자안의 결합에네르기합∣

$$926\text{kJ/mol} = 2 \times \Delta H_{결,\text{O-H}}$$

$$\Delta H_{결,\text{O-H}} = \frac{926\text{kJ/mol}}{2} = 463\text{kJ/mol}$$

답. $\Delta H_{결,\ \text{O-H}} = -463\text{kJ/mol}$

결합에네르기가 클수록 결합은 든든하다.

몇가지 물질의 결합에네르기는 다음과 같다.(표 6-2)

결합에네르기(kJ/mol) 표 6-2

결합 (물질)	결합에네르기	결합 (물질)	결합에네르기
H－H	－436	C－Cl (CCl_4)	－325
C－H (CH_4)	－416	O＝O	－498
O－H (H_2O)	－463	C＝O (CO_2)	－804
N－H (NH_3)	－390	N≡N	－945
H－Cl	－432	C－C (금강석)	－357
H－F	－568	C－C (C_2H_6)	－331
Cl－Cl	－243	C＝C (C_2H_4)	－590
F－F	－158	C≡C (C_2H_2)	－810

반응 $H_2 + Cl_2 = 2HCl$의 반응열과 결합에네르기와의 관계를 보면 다음과 같다.(그림 6-10)

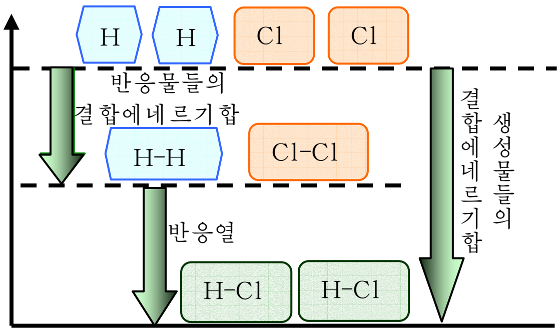


그림 6-10. 결합에네르기에 의한 반응열계산

헤쓰법칙에 의하면 생성물들의 결합에네르기합과 반응물들의 결합에네르기합의 차는 반응열과 같다.

반응열 ＝ 생성물들의 결합에네르기 총합 － 반응물들의 결합에네르기 총합

? 결합에네르기를 리용하여 반응 $CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$의 반응열을 구하여라.

문 제

1. 생성열의 값에 기초하여 반응 $SO_2+O_2 \rightarrow SO_3$의 열화학방정식을 나타내여라.

$\triangle H_{생,\ SO_2}=$ -297kJ/mol, $\triangle H_{생,\ SO_3}=$-395.2kJ/mol

2. 염화아연($ZnCl_2$)의 생성열은 -416.5kJ/mol이며 $ZnCl_2$ 1mol을 원자들로 갈라놓는데는 790.2kJ의 에네르기가 든다. Cl_2의 결합에네르기는 -243kJ/mol이다. 금속아연의 승화열(금속아연 1mol $\xrightarrow{\triangle H_{승화열}}$ 아연원자 1mol)을 결정하여라. (**답.** 130.7kJ)

3. 다음의 열화학방정식을 리용하여 반응 $H_2S=H_2+S$의 반응열을 계산하여라.

$2H_{2(기)}+O_{2(기)}=2H_2O_{(기)}$; $\triangle H=-484kJ$

$S_{(고)}+O_{2(기)}=SO_{2(기)}$; $\triangle H=-297kJ$

$2H_2S_{(기)}+3O_{2(기)}=2SO_{2(기)}+2H_2O_{(기)}$; $\triangle H=-1038kJ$ (**답.** 20kJ)

4. 에틸렌의 생성열을 결정하여라.

$C_2H_4+O_2=2CO_2+2H_2O_{(기)}$; $\triangle H=-1324kJ$

$\Delta H_{생,CO_2}=$-394kJ/mol, $\Delta H_{생,H_2O}=$ -242kJ/mol (**답.** 52kJ/mol)

제5절. 마그네샤크링카

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라에 마그네사이트가 굉장히 많은데 그것은 야금공업을 발전시키기 위하여 없어서는 안될 매우 귀중한 내화재료입니다.》

우리 나라에는 마그네샤크링카(MgO)의 원료인 마그네사이트가 대단히 많이 매장되여있어 세계적으로도 손꼽히고있다.

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 마그네사이트가 많이 매장되여있는 산을 금과 같이 귀한 산이라는 뜻에서 **《백금산》**으로 부르도록 하시였다.

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 마그네사이트를 가지고 질이 높은 마그네샤크링카를 많이 만들어 나라의 야금공업을 발전시킬데 대하여 가르쳐주시였다.

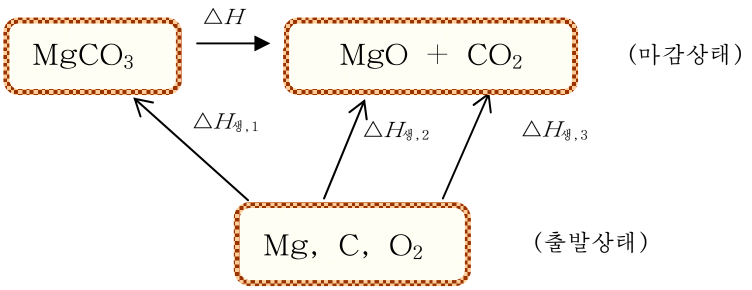
경애하는 **김정은**동지의 원대한 구상과 현명한 령도에 의하여 오늘 마그네사이트광석은 나라의 부강발전에 적극 이바지하는 귀중한 밀천으로 되고있다.

마그네사이트의 분해반응

마그네사이트의 주성분은 $MgCO_3$이다.

쇠돌을 녹이는 야금로들에서 로의 안불임내화벽돌은 마그네샤크링카(MgO)로 만든다. 이것은 마그네사이트를 구워서 만든다.

$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$



이 반응의 반응열을 물질의 생성열을 통하여 계산해보자.

$$\triangle H_{생,1} = -1\ 096\text{kJ/mol}$$
$$\triangle H_{생,2} = -598\text{kJ/mol}$$
$$\triangle H_{생,3} = -394\text{kJ/mol}$$

헤쓰법칙을 적용하면

$$\triangle H_{생,1} + \triangle H_{반} = \triangle H_{생,2} + \triangle H_{생,3}$$
$$\triangle H = -598\text{kJ} - 394\text{kJ} + 1096\text{kJ} = 104\text{kJ}$$

열화학방정식으로 나타내면

$$MgCO_3 = MgO + CO_2\ ;\quad \triangle H = 104\text{kJ}$$

이 반응은 흡열반응이다.

ⓘ 분해반응은 다 흡열반응이라고 말할수 있는가?

탄산마그네시움은 540℃부터 분해가 시작되는데 광석인 경우에는 품위에 따라 550~650℃에서 시작된다.

이 분해는 800~900℃에서 거의 완전히 진행된다.

분해온도에 따르는 MgO의 성질변화

800~850℃에서 구운 산화마그네시움은 푸석푸석하며 염기성산화물의 반응성을 나타낸다.

$$MgO+H_2O=Mg(OH)_2$$
$$MgO+2HCl=MgCl_2+H_2O$$

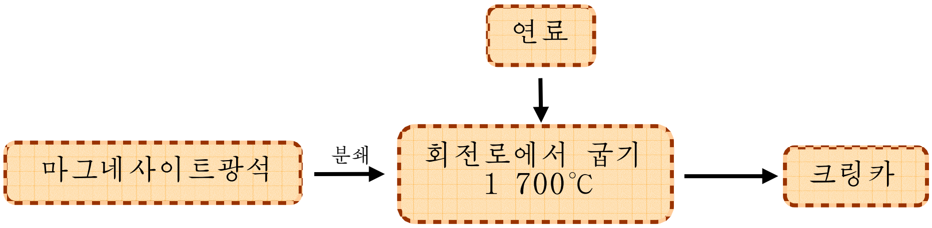
물이나 산과 작용하는 산화마그네시움을 경소마그네샤라고 부른다.

1 200℃이상에서 생겨난 MgO는 점차 큰 덩어리로 변한다. 1 700℃이상에서 얻어진 녹아붙은 산화마그네시움을 마그네샤크링카라고 부른다. 이것은 물에도 용해되지 않고 산과도 작용하지 않는다. 이 크링카는 녹음점이 2 800℃로서 2 000℃정도의 온도에 견디는 내화벽돌을 만드는데 쓴다.

ⓘ 크링카의 녹음점이 이렇게 높은데 내화벽돌은 어떤 방법으로 만들수 있겠는가?

마그네샤크링카를 만드는 공정

마그네샤크링카를 만드는 공정은 다음과 같다.



크링카의 질은 광석에 포함되여있는 혼입물에 관계된다. 혼입물중에서 CaO와 SiO_2은 될수록 적어야 한다.

크링카를 만드는 회전로는 다음과 같다.(그림 6-11)

회전로는 둥근 원통이며 내화벽돌로 안붙임되여있다. 회전로는 수평상태로부터 약간 아래로 기울어져있다.

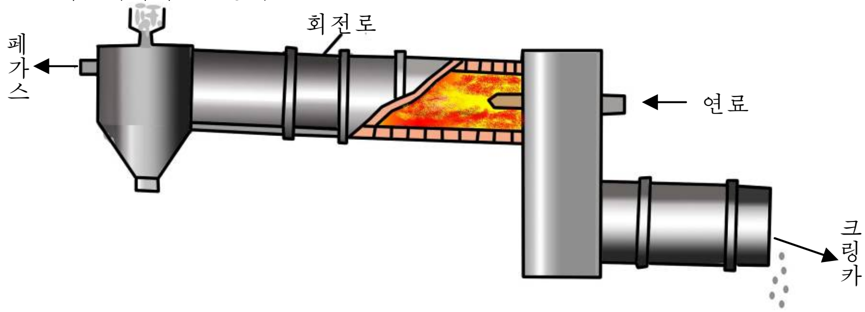


그림 6-11. 마그네샤크링카를 만드는 회전로

분쇄된 광석은 회전로의 웃부분으로 들어가며 연료인 석탄 또는 연료가스는 아래부분에서 연소된다. 회전로가 돌아가면서 구워진 크링카는 아래로 나온다.

참고 — 전기용융법에 의한 크링카생산

전기용융법은 강철생산에서처럼 전기로에서 마그네사이트를 분해시키고 용융시켜 크링카를 얻는 방법이다. 차이점은 전기로에 내화벽돌이 없고 광석이 내화재료로서의 역할을 수행하는것이다. 지난 시기에는 수평회전로나 가압식소결로에서 콕스와 중유를 연소시켜 크링카를 생산하였다. 전기로에서는 광석이 전기전도성이 없으므로 처음에 흑연가루를 리용하여 전극을 호광방전시켜 광석을 용융시킨다. 전기로를 리용하면 콕스가 연소되여 생기는 재가 크링카에 섞여 질을 떨구는 현상을 없앨수 있고 높은 온도를 쉽게 보장할수 있으므로 공정이 단순하다. 용융물을 뽑아내여 일정한 시간 식힌 다음 걸면에 생긴 불순물을 벗겨내면 99%의 고품위크링카가 얻어진다.

문 제

1. 마그네사이트를 구울 때 필요한 열은 석탄을 태워서 보장한다. 품위가 84%인 광석 1t을 구워내려면 석탄이 얼마나 필요한가? (**답.** 30.9㎏)

2. 바다물에는 마그네시움이 $MgCl_2$형태로 용해되여있다. 이 물질로부터 MgO을 만드는 과정을 방정식으로 나타내여라.

3. 경소마그네샤는 마그네샤세멘트를 만드는데 리용된다.
마그네샤세멘트의 조성은 $2MgO \cdot MgCl_2$이다. 이 세멘트 1t을 만들려면 경소마그네샤가 얼마나 있어야 하겠는가? (**답.** 457.1㎏)

제6절. 카바이드

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《화학공업을 발전시키는데서 가장 중요한것은 카바이드생산을 대대적으로 늘이는것입니다.》

카바이드는 비날론섬유, 모비론섬유, 염화비닐수지, 석회질소비료, 알콜, 초산과 같은 제품을 만드는 기본원료이다.

위대한 수령님께서는 일찌기 석회석과 무연탄이 많은 우리 나라에서는 카바이드를 생산하여 그것을 원료로 하는 화학공업을 발전시킬데 대한 방향을 밝혀주시였다.

위대한 수령님과 위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 우리 나라에는 우리 식의 카바이드생산방법에 기초한 자립적이며 현대적인 화학공업의 토대가 튼튼히 세워졌다.

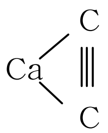
카바이드의 구조와 성질

카바이드는 칼시움의 탄화물이다.

화학식: CaC_2

몰질량: 64g/mol

전기음성도로 보면 Ca－1.0, C－2.5로서 CaC_2에서 Ca－C결합은 이온결합이다.

구조:  $\overset{+2}{Ca}\overset{-1}{C_2}$

ⓘ 카바이드의 구조식이 우와 같이 되는것은 무엇때문인가?

순수한 카바이드는 색이 없고 맑은 결정이지만 공업제품은 불순물이 있어 재빛을 띤다. 카바이드의 밀도는 2.2g/㎤이고 녹음점은 2 300℃이다.

카바이드는 물과 반응하여 아세틸렌을 만든다.

$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + \underset{\text{아세틸렌}}{C_2H_2}$$

카바이드를 가루내여 900℃이상에서 질소와 작용시키면 석회질소(비료)가 얻어진다.

$$CaC_2 + N_2 = \underset{\text{석회질소}}{CaCN_2} + C$$

카바이드만들기

카바이드원료는 석회석과 무연탄이다.

먼저 석회로에서 석회석을 분해시켜 생석회를 만든다.

$$CaCO_3 = CaO + CO_2; \quad \triangle H = 175\text{kJ}$$

석회석의 분해는 900℃이상에서 잘 일어난다.(그림 6-12)

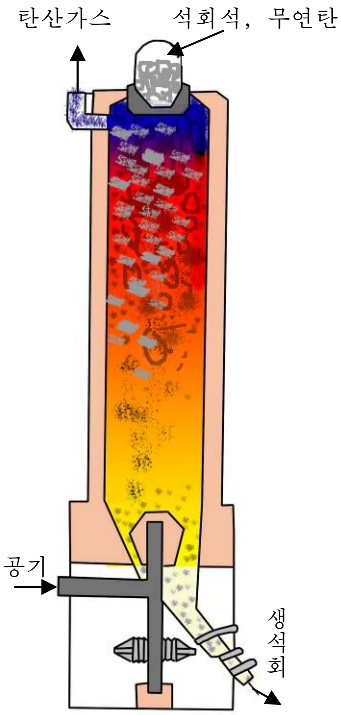


그림 6-12. 석회로

ⓘ 석회석의 분해반응온도가 마그네사이트의 분해반응온도와 차이나는것은 무엇때문인가?

카바이드는 생석회와 무연탄을 반응시켜 얻는다.

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO; \quad \triangle H$$

$\triangle H_{생}$: -635kJ　0　-59kJ　-111kJ

$\triangle H = \underbrace{-59 + (-111)〕}_{\text{생성물의 생성열합}} - \underbrace{(-635)}_{\text{반응물의 생성열합}} = 465\text{kJ}$

열화학방정식으로 나타내면

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO; \quad \triangle H = 465\text{kJ}$$

이 반응은 흡열반응이며 반응을 실현시키려면 2 000℃이상으로 많은 열을 주어야 한다. 이 열은 전기에네르기를 써서 보장한다.(그림 6-13)

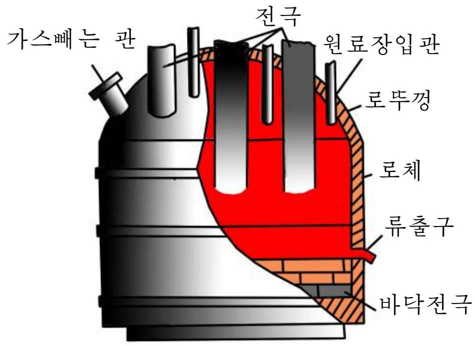


그림 6-13. 카바이드전기로

전기로는 강철껍데기안에 내화벽돌을 쌓고 웃뚜껑을 막아 열이 새지 않게 하였다. 반응물의 혼합비률은 생석회:무연탄=10:7이며 3개의 전극을 꽂아 강철전기로에서처럼 호광열로 온도를 보장한다.

반응결과 녹은 카바이드는 로밑에 고이며 남비에 받아서 식힌다.

문 제

1. CaC_2이 85% 들어있는 카바이드 1t을 만들자면 CaO 92% 들어있는 생석회를 얼마나 써야 하겠는가? 반응결과 생긴(생성물에서) CaC_2의 함량이 낮아지는것은 무엇때문인가? (**답.** 808.4kg)

2. 카바이드에 물을 치면 아세틸렌이 생긴다. 다음의 자료에 기초하여 아세틸렌의 반응열을 구하여라.

   $\triangle H_{생,CaC_2}=-59\text{kJ/mol}$, $\triangle H_{생,C_2H_2}=-128\text{kJ/mol}$

   $\triangle H_{생,H_2O(액)}=-286\text{kJ/mol}$

   $\triangle H_{생,Ca(OH)_2}=-986\text{kJ/mol}$ (**답.** 227kJ/mol)

3. 다음의 자료에 기초하여 CaC_2에서 Ca−C의 결합에네르기를 구하여라.

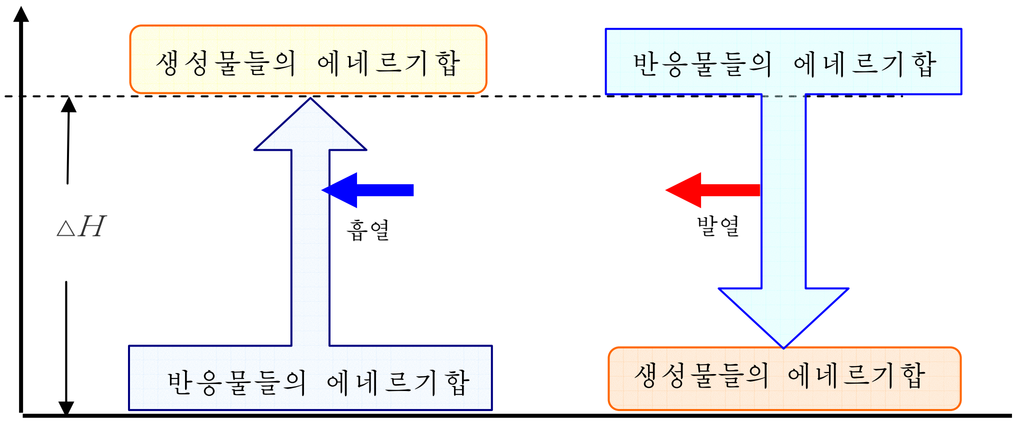
   $\triangle H_{결,C\equiv C}=-810\text{kJ/mol}$

   $\triangle H_{승화,C}=716\text{kJ/mol}$ ($C_{고}\rightarrow C_{(기)}$: $\triangle H_{승화}$)

   $\triangle H_{승화,Ca}=191\text{kJ/mol}$ (**답.** -406.5kJ/mol)

장 종 합

반응열 $\triangle H$ = 생성물들의 에네르기합 (생성물들의 열함수합) − 반응물들의 에네르기합 (반응물들의 열함수합)



열화학방정식

- **개념:** 반응열을 함께 나타낸 화학방정식
- **의미:** 반응에서의 에네르기보존관계를 나타낸다.

복습문제

1. 7g의 아세틸렌(C_2H_2)을 연소시킬 때 탄산가스와 물이 생기며 이때 351.3kJ의 열이 난다. 이 반응을 열화학방정식으로 나타내여라.

2. 18g의 알루미니움이 산소와 반응할 때 574kJ의 열이 난다. 이 반응을 열화학방정식으로 나타내여라.

3. 아세틸렌을 연소시킬 때의 열화학방정식은 다음과 같다.

$$2C_2H_2+5O_2=4CO_2+2H_2O\ ;\quad \triangle H=-2610kJ$$

1.12L의 아세틸렌을 연소시키면 몇 kJ의 열이 나오겠는가? (**답.** 65.25kJ)

4. 아연 6.54g이 연소될 때 35kJ의 열이 난다.

① 이 반응에서 생성물의 생성열을 구하여라. (**답.** 350kJ)

② 열화학방정식을 나타내여라.

5. 탄산칼시움의 분해열은 175kJ/mol이다. 석회로에서 연소열을 모두 $CaCO_3$을 분해시키는데 리용한다면 $CaCO_3$과 C를 어떤 비로 섞어야 하겠는가? 만일 무연탄의 품위가 90%이고 석회로에서 무연탄이 70% 연소된다면 $CaCO_3$과 무연탄을 어떤 비로 섞어야 하겠는가? (**답.** 18.8:1, 11.85:1)

6. CO-42.2%, CO_2-4.1%, H_2-49.2%, N_2-4.5%의 체적조성을 가진 기체혼합물 1㎥(표준조건)를 연소시킬 때 생기는 열량을 구하여라. 그리고 생긴 기체혼합물을 표준조건으로 식혔을 때 기체의 체적조성을 결정하여라.

(**답.** 10 646kJ, CO_2-91.14%, N_2-8.86%)

7. 다음의 자료를 리용하여 열화학방정식을 작성하여라.

① 마그네시움 2.4g을 연소시키면 61.3kJ의 열이 난다.

② 1mol/L염산 0.5L와 0.1mol/L 가성소다용액 1L를 섞으면 5.74kJ의 열이 나온다.

③ 염소의 결합에네르기는 243.6kJ/mol이다.

④ 물의 해리열은 926kJ/mol이다.

⑤ 암모니아의 생성열은 −46kJ/mol이다.

⑥ 이산화질소의 생성열은 −34kJ/mol이다.

⑦ NaCl이 0.1mol 생성될 때의 생성열은 41.1kJ이다.

8. 수소와 산소가 2:1의 체적비로 섞인 혼합기체(폭명가스) 28.8g을 폭발시켰다.

① 열화학방정식을 나타내여라.

② 생성물의 질량은 얼마인가?

③ 닫긴 그릇에서 반응시켰을 때 그릇의 압력은 어떻게 변화되는가?

(**답.** 28.8g, $\frac{2}{3}P_{초기}$)

9. 다음의 자료에 기초하여 아연과 염산과의 반응에서 나오는 반응열을 결정하여라.

$\triangle H_{생, ZnCl_2} = -418kJ/mol$ $\triangle H_{용해, ZnCl_2} = -63kJ/mol$

$\triangle H_{생, HCl} = -92kJ/mol$ $\triangle H_{용해, HCl} = -73kJ/mol$ (**답.** -151kJ)

10. 다음의 열화학방정식에 기초하여 반응 $FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$의 반응열을 계산하여라.

$FeO + CO = Fe + CO_2$; $\triangle H = -182kJ$

$2CO_{(기)} + O_2 = 2CO_{2(기)}$; $\triangle H = -566kJ$

$2H_2 + O_2 = 2H_2O_{(기)}$; $\triangle H = -484kJ$ (**답.** -141kJ)

학생실험

[실험 1] 나트리움의 성질

실험목적: 나트리움의 성질을 검증하며 수소기체를 모으는 방법을 익히는데 있다.

실험기구: 시험관, 스포이드, 유리접시, 유리판, 핀세트, 깔때기, 손칼

시약: 금속나트리움, 페놀프탈레인알림약, 려지

실험방법

① 석유속에 잠겨있는 나트리움덩어리를 핀세트로 집어내여 유리판우의 려지에 놓고 종이로 걸면에 있는 석유를 묻혀낸다.

② 나트리움덩어리를 쌀알만 한 크기로 잘라낸다. 이때 자름면의 색변화를 관찰한다.

③ 잘라낸 쪼각을 핀세트로 집어 유리접시에 넣고 그림과 같이 깔때기를 그우에 놓고 그우에 시험관을 거꾸로 세워 꽂는다. 여기에 물을 부어넣는다. 나타나는 현상을 관찰한다.

④ 반응이 끝나면 시험관을 뽑아 거꾸로 세운채로 알콜등에 가져다댄다. 어떤 현상이 나타나는가? 방정식으로 나타내여라.

Ⓠ 수소를 모으는 시험관을 거꾸로 세워놓는 까닭은 무엇인가?

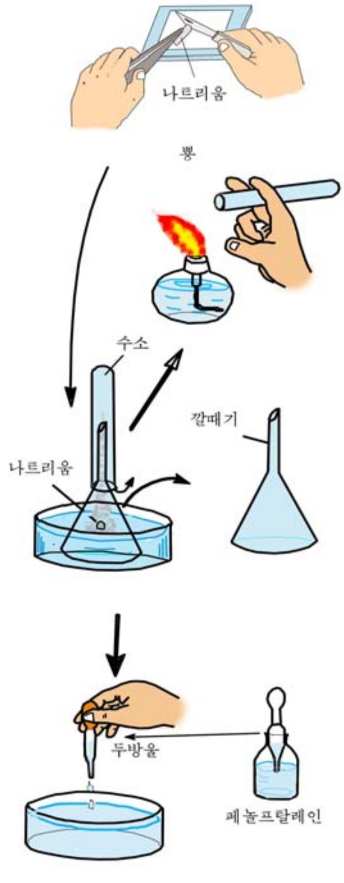


그림 1. 나트리움의 성질

⑤ 유리접시용액에 페놀프탈레인알림약을 한두방울 떨군다. 용액의 색변화는 어떠한가?

[실험 2] 불길색반응

실험목적: 불길색반응을 리용하여 대표적인 금속들을 알아보며 불길색반응을 일으키는 방법을 익히는데 있다.

실험기구: 알콜등, 시험관 또는 사기접시, 핀세트, 백금선(또는 니크롬선), 운모쪼각

시약: 10% HCl, 1mol/L $CaCl_2$, $BaCl_2$, $SrCl_2$, $CuCl_2$, NaCl, KCl, LiCl, $CuSO_4$, K_2SO_4, Na_2SO_4용액

실험방법

① 백금선의 전처리(예비처리). 백금선 (또는 니크롬선)끝을 질은 염산에 잠그었다가 색이 없는 불길에 달구어내여 깨끗이 한다.(그림 2)

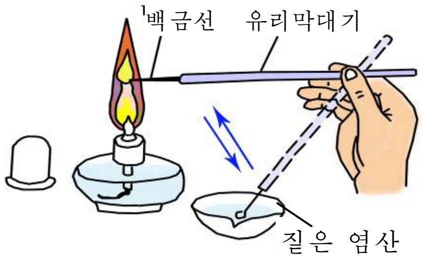


그림 2. 백금선의 전처리

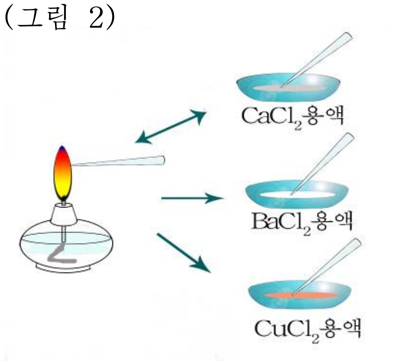


그림 3. 불길색반응으로 원소알아보기

② 1mol/L $CaCl_2$용액에 백금선을 잠그었다가 불길에 가져간다. 불길의 색을 관찰하고 기록한다. 다른 시약을 리용하려 할 때에는 물로 씻고 방법 ①의 과정을 거쳐 색이 나타나지 않을 때까지 여러번 반복한다. 같은 방법으로 $BaCl_2$, $SrCl_2$, $CuCl_2$, NaCl, KCl, LiCl용액을 리용하여 불길색을 관찰한다.(그림 3)

③ 백금선대신 운모쪼각을 가지고 진행한다. 먼저 핀세트로 집어 불길에 가져다댄다. 이때 불길의 색변화가 있는가를 관찰한다. 다음 해당 시료용액을 찍어서 불길에 가져다 댄다. 결과를 종합하여 비교해보아라.

④ 시료용액을 염화물이 아닌 다른 염용액을 가지고 다시 해본다. 한번 쓴 운모쪼각은 쓰지 않는다.

ⓘ 불길색반응이 다른 반응과 다른 점은 무엇인가?

[실험 3]　할로겐의 성질

실험목적: 할로겐의 성질을 실험적으로 검증하는데 있다.

실험기구: 시험관, 피페트, 알콜등

시약: 염소수, 브롬수, KBr용액(1mol/L), 요드, 벤졸, KI용액(1mol/L)

실험방법

① 시험관에 브롬화칼리움용액 1mL를 넣고 여기에 벤졸 1mL를 넣는다. 용액이 두 층으로 갈라지는데 이때의 색을 관찰한다.

여기에 염소수 3~5mL를 넣고 뒤흔든 다음 벤졸층의 색변화를 관찰한다.

다른 시험관에 벤졸 1mL와 물 1mL를 넣는다. 여기에 브롬수 5mL정도 넣고 흔든 다음 색을 관찰한다.

Ⓠ 두 경우를 비교해서 방정식을 쓰고 벤졸의 역할을 설명하여라.

② 방법 ①에서 KBr용액대신 KI용액을, 염소수대신 브롬수를 써서 실험을 진행한다.

Ⓠ 현상을 관찰하고 확인실험을 해보아라.

③ 요드를 다른 시험관에 쌀알만 한 크기로 넣고 알콜등으로 조심히 열을 준다. 증기의 색이 어떠하며 시험관벽에 무엇이 나붙는가를 관찰한다. 이것을 물에 용해시키고 여기에 벤졸 1mL를 넣는다. 어떤 현상이 일어나는가?

[실험 4]　산의 성질

실험목적: 산의 성질을 실험으로 검증하는데 있다.

실험기구: 시험관, 스포이드, 알콜등, 유리막대기, 고정대, 기체유도관, 고무마개, 시험관대

시약: 짙은 염산, 짙은 류산, 짙은 초산, 푸른 리트머스지, 아연, 페놀프탈레인용액(0.1%), 산화동가루

실험방법

① 세개의 시험관에 물을 4mL씩 넣고 짙은 염산, 짙은 류산, 짙은 초산을 각각 2mL정도씩 넣는다. 산이 물에 잘 용해되는가?

물에 용해될 때 열이 나는가?

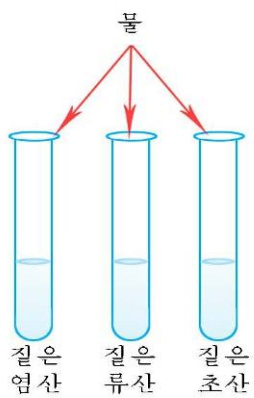


그림 4. 산의 용해

② 매 시험관의 용액을 유리막대기로 찍어 푸른 리트머스지에 묻혀본다. 리트머스지의 색이 어떻게 변하는가?
다음 매 시험관에 페놀프탈레인용액을 세방울씩 떨구어넣는다. 용액의 색이 변하는가?

③ 매 시험관의 용액을 각각 두 시험관에 절반씩 갈라넣어 두조를 만든다. 그중 한조의 세 시험관들을 기울이고 시험관벽을 따라 콩알만 한 아연덩어리 4~5개를 조심히 밀어넣고 끝을 가늘게 뽑은 곧은 기체유도관을 꽂은 고무마개를 막는다. 나오는 기체를 시험관에 모아서 알콜등의 불길가까이에 가져간다.(그림 5)
일어나는 현상을 관찰하고 설명하여라.

④ 우에서 남은 다른 한조의 세 시험관들에 산화동가루를 조금씩 넣고 뒤흔든다. 잘 용해되지 않으면 조심히 데운다. 산화동이 용해되는가? 현상을 설명하여라. (그림 6)

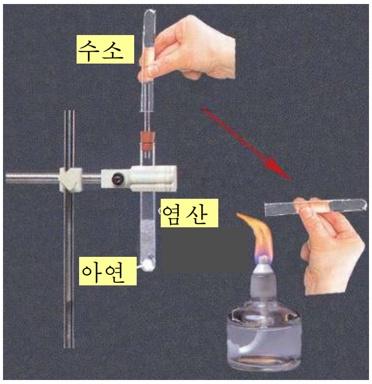


그림 5. 산과 금속이 반응하는가를 알아본다

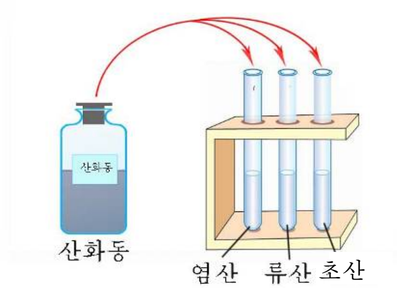


그림 6. 산과 산화동이 반응하는가를 알아본다

<table>
<tr><th rowspan="2">산</th><th rowspan="2">물에 대한 용해성</th><th rowspan="2">물에 용해될 때 열현상</th><th colspan="2">알림약의 색변화</th><th rowspan="2">금속과의 반응</th><th rowspan="2">금속산화물과의 반응</th></tr>
<tr><th>푸른 리트머스지</th><th>페놀 프탈레인</th></tr>
<tr><td>염산</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>류산</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>초산</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

[실험 5] 1mol/L 소금용액 50mL 만들기

실험목적: 몰용액을 만드는 방법과 메스플라스크의 사용법을 익히는데 있다.
실험기구: 메스플라스크, 비커, 약저울, 증류수, 세척병, 스포이드, 약숟가락
시약: 소금
실험방법

① 1mol/L 소금용액 50mL를 만드는데 필요한 소금의 량을 계산한다.
② 약저울에서 소금 2.9g을 단다.

③ 저울질한 소금을 비커에 넣고 20mL의 증류수에 유리막대기로 저어주면서 용해시킨다.

④ 용질이 완전히 용해되면 비커의 용액을 모두 50mL들이 플라스크에 부어넣는다.

⑤ 증류수로 비커의 안벽을 2~3번 씻은 세척액을 모두 메스플라스크에 부어넣는다. 메스플라스크를 가볍게 흔들어 용액이 충분히 혼합되게 한다.

⑥ 메스플라스크안의 액면의 눈금에서 1~2㎝ 되는 곳까지 오게끔 증류수를 천천히 메스플라스크에 부어넣는다. 그리고 용액의 오목면이 눈금과 맞아떨어지도록 스포이드로 증류수를 떨구어넣는다.

⑦ 메스플라스크의 아구리를 마개로 막고 아래우로 몇번 흔들어놓아 용액이 골고루 혼합되게 한다.

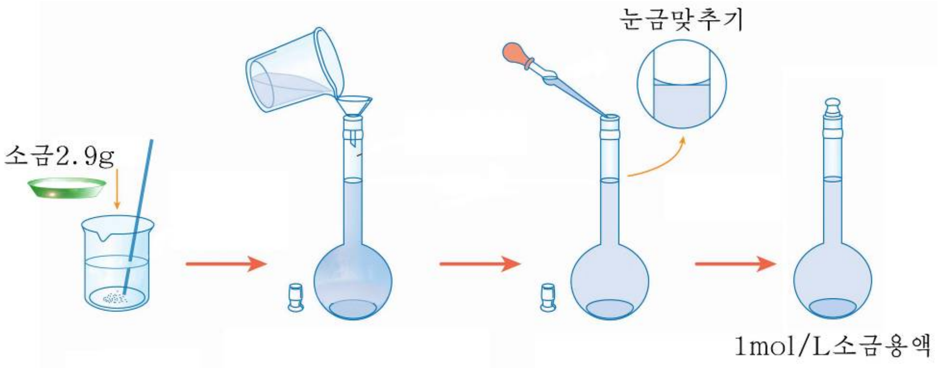
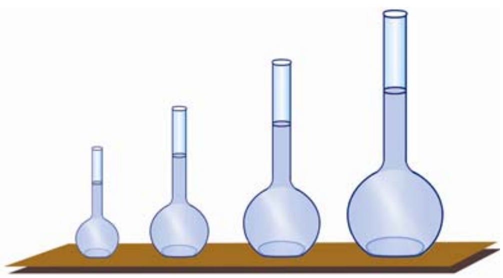


그림 7. 1mol/L 소금용액 50mL의 만들기과정

메스플라스크

메스플라스크는 몰용액을 만들 때 액체 또는 용액의 체적을 정확히 재기 위하여 쓰는 실험기구이다.

메스플라스크를 잡을 때에는 눈금우의 긴 목부분을 쥐여야 한다.



흔히 쓰이는것들로는 다음과 같은것들이 있다. 50mL 100mL 250mL 500mL

물음

① 증류수로 비커안벽을 왜 세척하는가?

② 비커를 씻은 세척액을 메스플라스크에 왜 부어넣어야 하는가?

③ 왜 메스플라스크를 아래우로 흔들어 메스플라스크안의 용액이 충분히 혼합되게 하여야 하는가?

[실험 6] 염기의 성질

실험목적: 염기의 성질을 실험적으로 검증하는데 있다.

실험기구: 시험관, 유리막대기, 스포이드, 기체유도관, 시험관대

시약: 수산화나트리움(고체), 수산화칼시움(고체), 수산화동(갓 만든것), 붉은 리트머스지, 페놀프탈레인용액(0.1%), 염산

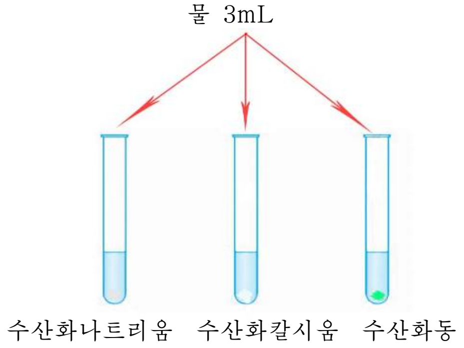


그림 8. 염기의 물에서의 용해

실험방법

① 세개의 시험관에 수산화나트리움고체, 수산화칼시움고체, 수산화동(갓 만든것)을 1g정도씩 넣는다.
매 시험관에 물을 3mL씩 넣고 뒤흔들어 용해시킨다. 염기의 용해성과 용해될 때의 열현상을 관찰하여라. 어느 시험관의 물질이 잘 용해되지 않는가?(그림 8)

② 매 시험관의 용액을 유리막대기로 찍어 손가락에 묻히고 비비여본다. 어떤 손맛이 느껴지는가?(곧 손을 물에 씻어야 한다.)

③ 매 시험관의 용액을 유리막대기로 찍어 붉은 리트머스지에 묻혀본다. 리트머스지의 색이 어떻게 변하는가?

④ 매 시험관의 용액을 각각 두 시험관에 절반씩 갈라넣어 두조를 만든다. 그중 한조의 세 시험관에 페놀프탈레인용액을 세방울씩 떨군다. 용액의 색이 어떻게 변하는가?
왜 그러한 변화가 나타나는가?

⑤ 방법 ④에서 페놀프탈레인용액을 떨구어넣은 매 시험관에 염산을 스포이드로 한방울씩 떨구어넣는 방법으로 시험관안의 용액의 색이 없어질 때까지 염산을 넣는다.
왜 마지막 한방울의 산에 의하여 용액의 색이 없어졌는가?(그림 9)

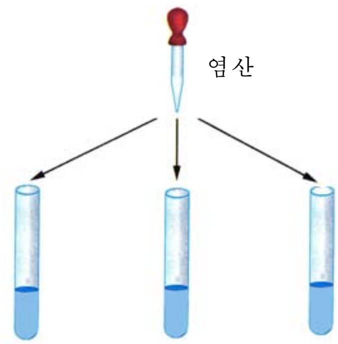


그림 9. 염기와 산과의 반응

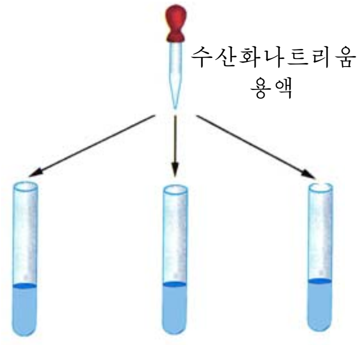


그림 10. 염기와 산이 반응한 용액에 다시 염기를 넣어본다

⑥ 이번에는 색이 없어진 매 시험관의 용액에 붉은 리트머스지를 잠그어본다. 그리고 매 시험관에 수산화나트리움용액을 1~2방울씩 떨구어넣는다. 어떤 변화가 나타나는가?(그림 10)

⑦ 남은 다른 한조의 세 시험관용액에 차례로 기체유도관을 잠그고 입김을 조심조심 불어넣는다. 한 시험관에서 다른 시험관에로 기체유도관을 옮길 때에는 그것을 잘 씻어야 한다. 나타나는 현상을 설명하여라.

실험결과를 다음 표에 적어넣는다.

성질 / 염기	물에 대한 용해성	손맛	용해될 때 열현상	알림약의 색변화		산과의 반응, 그의 확인	비금속산화물과의 반응
				붉은 리트머스지	페놀프탈레인		
수산화나트리움							
수산화칼시움							
수산화동							

[실험 7] 몇가지 물질의 검출

실험목적: 다른 시약을 전혀 쓰지 않고 몇가지 물질이 어떤 물질인가를 알아내는데 있다.

실험기구: 시험관, 시험관대, 피페트, 스포이드

시약: 염화바리움용액, 류산아연용액, 탄산나트리움용액, 질산동용액, 류산용액

실험내용: 이름표가 없는 5개의 시약병에 염화바리움, 류산아연, 탄산나트리움, 질산동, 류산용액들이 각각 20mL씩 들어있다. 어느 시약병에 어떤 시약이 들어있는가를 알아내야 하는데 1-5번까지의 번호가 붙은 우의 시약병의 시약만 리용할수 있다.

실험방법

① 실험계획은 다음과 같이 세울수 있다.

물질	$BaCl_2$	$ZnSO_4$	Na_2CO_3	H_2SO_4	$Cu(NO_3)_2$
$BaCl_2$		↓	↓	↓	
$ZnSO_4$	↓		↓		
Na_2CO_3	↓	↓		↑	↓
H_2SO_4	↓		↑		
$Cu(NO_3)_2$			↓		
침전 및 기체발생수	3	2	3 기체1	1 기체1	1
시약병번호					

※ ↓: 침전물 ↑: 기체

② 실험계획에 근거하여 5개의 시험관에 1-5까지의 번호를 붙이고 같은 번호에 해당한 시약병의 시약을 2mL씩 옮겨넣는다. 다음 1번 시약병의 시약을 스포이드를 리용하여 3~4방울씩 5개의 시험관에 각각 떨구어넣는다. 아래의 표에 침전물이 생기면 ↓로, 기체가 발생하면 ↑로, 변화가 없을 때에는 \로 표시한다.

③ 다른 깨끗한 5개의 시험관에 1-5까지의 번호를 붙이고 같은 번호에 해당한 시약병의 시약을 역시 2mL씩 옮겨넣고 이번에는 2번 시약병의 시약을 스포이드를 리용하여 3~4방울씩 5개의 시험관에 각각 떨구어넣은 다음 아래의 표에 같은 방법으로 나타낸다.

시약번호	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
밝혀낸 시약의 이름 및 화학식					

④ 3, 4, 5번 시약병의 시약을 우와 같은 방법으로 작용시켜 일어나는 변화를 표에 적어넣는다.

⑤ 실험과정에 정리한 우의 표와 실험계획을 대비하여 어느 번호의 시약병에 어떤 시약이 들어있는가를 적어넣는다.

⑥ 실험이 끝나면 실험결과를 서로 토론하여 정확한 결과를 얻어낸다.

물음

① 실험에서 관찰한 반응들의 화학방정식을 쓰고 이온방정식으로 나타내여라.

② 실험이 끝난 다음 시약병에 시약이 왜 남아있어야 하는가?

실험에서 시약들을 정확히 알아냈는가를 알자면 어떤 실험을 진행해야 하는가를 하나하나 설명하여라.

[실험 8] 이산화탄소의 만들기와 성질

실험목적: 이산화탄소를 만들고 그 성질을 실험적으로 검증하는데 있다. 또한 기체물질에 따라 기체만드는 장치들을 합리적으로 선택하고 그것을 다루는 방법을 숙련하는데 있다.

실험기구: 시험관(직경 30㎜), 플라스크, 고무마개(한구멍, 두구멍), 비커, 안전깔때기, 기체유도관, 알콜등

시약: 염산(10%), 대리석(석회석), 석회수(또는 바리트수), 초(파라핀), 푸른 리트머스지

실험방법

이산화탄소의 만들기

ⓘ 이산화탄소를 만들려면 어떤 시약이 있어야 하는가?

① 이산화탄소만들기장치에는 여러가지가 있다. 합리적인 장치를 생각하여 꾸며라. 그림의 장치들은 열을 주지 않고 기체를 만드는 장치이다. 이 기체만들기장치들의 작용원리는 어떠한가?

② 기체만들기장치에 대리석(석회석)쪼각을 넣고 다음에 염산을 넣는다. 장치에서 나오는 기체를 어떤 방법으로 모으는것이 좋겠는가? 화학방정식을 쓰라.



그림 11. 기체만들기장치들

이산화탄소의 성질

1) 기체유도관에서 나오는 이산화탄소를 물에 거꾸로 세운 물이 가득찬 시험관에 모은다.(그림 12)

   ① 이산화탄소는 색, 냄새가 있는가?

   ② 이산화탄소는 물에 잘 용해되는가?

③ 이산화탄소가 용해된 물에 푸른 리트머스 지를 대본다. 어떤 색변화가 일어나는가? 이산화탄소는 물과 반응하여 무엇을 만들었는가? 화학방정식으로 나타내여라.

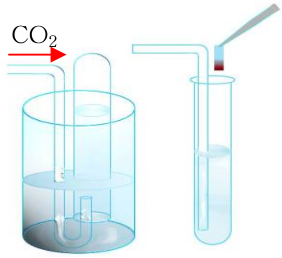


그림 12. 이산화탄소는 물에 조금 용해되여 약산인 탄산으로 된다

물음

① 기체만들기장치 ㄹ)가 가장 합리적이라는 것을 설명하여라.

② 이산화탄소가 물에 적게 용해된다는것을 어떤 실험으로 알아볼수 있는가?

2) 기체유도관에서 나오는 이산화탄소를 빈 비커(또는 시험관)에 흘러들어가게 한다. 이산화탄소를 빈 그릇에 이렇게 모으는것은 이산화탄소의 어떤 성질을 리용한것인가?

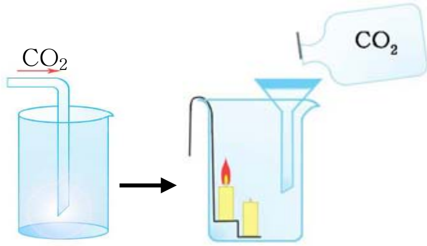


그림 13. 이산화탄소속에서 불이 꺼진다

① 이산화탄소가 들어있는 비커에 불타는 초를 넣어본다.(그림 13)

② 불타는 초가 들어있는 비커에 웃실험에서 모은 이산화탄소를 물을 부어넣듯이 비커를 천천히 기울여 부어넣는다. 어떤 변화가 일어나는가?

이산화탄소는 어떤 성질을 가지고있는가?

3) 시험관(비커)에 맑은 석회수를 5mL 넣고 이산화탄소를 흘러보낸다.



그림 14. 이산화탄소와 석회수의 반응

① 석회수에서 어떤 변화가 일어나는가? 그것은 무엇때문인가? 이때 생긴 흰 침전물은 무엇인가? 화학반응식으로 나타내여라.

② 흰 침전물이 생긴 시험관에 계속 이산화탄소를 흘러보낸다. 침전물은 어떻게 되는가? 그 리유는 무엇인가? 화학방정식으로 나타내여라.

③ 실험에서 얻은 맑아진 용액이 들어있는 시험관을 알콜등으로 열준다. 어떤 변화가 생기는가? 그 리유는 무엇인가? 화학방정식으로 나타내여라.

물음

① 탄산염이 센산에 의하여 분해되는 성질은 어디에 리용할수 있는가?

② 시험관에 탄산나트리움이 들어있다. 어떤 방법으로 알아낼수 있는가?

③ 사람의 입김에는 이산화탄소가 들어있다. 어떤 방법으로 알아낼수 있는가?

[실험 9] 금속의 활성비교

실험목적: 금속의 활성을 실험으로 검증하는데 있다.

실험기구: 알콜등, 연마지, 피페트, 시험관

시약: 철선, 동선, 알루미니움선, 염산(1mol/L), 류산(1mol/L, 70%), 류산동(1mol/L), 류산아연(1mol/L), 질산은(1mol/L)

실험방법

① 세 시험관에 5mL씩의 염산을 넣고 걸면을 깨끗이 연마한 철선, 동선, 알루미니움선을 넣고 어떤 현상이 일어나는가를 관찰한다.

② 세 시험관에 5mL씩의 류산(1mol/L)을 넣고 우와 같이 철선, 동선, 알루미니움선을 넣고 현상을 관찰한다. 그리고 실험 ①과 비교한다.

③ 한 시험관에 70%류산 5mL를 넣고 여기에 동선을 넣은 다음 따스할 정도로 열을 준다. 어떤 현상이 일어나며 용액의 색이 어떻게 변화되는가?

④ 류산동용액 5mL를 세 시험관에 각각 넣고 여기에 철선, 동선, 알루미니움선을 넣는다. 나타나는 현상을 관찰하여라.

⑤ 두 시험관에 류산아연용액과 질산은용액 5mL를 각각 넣고 여기에 동선을 넣는다. 나타나는 현상을 방정식으로 쓰고 비교하라. 금속의 활성차례를 나타내여라.

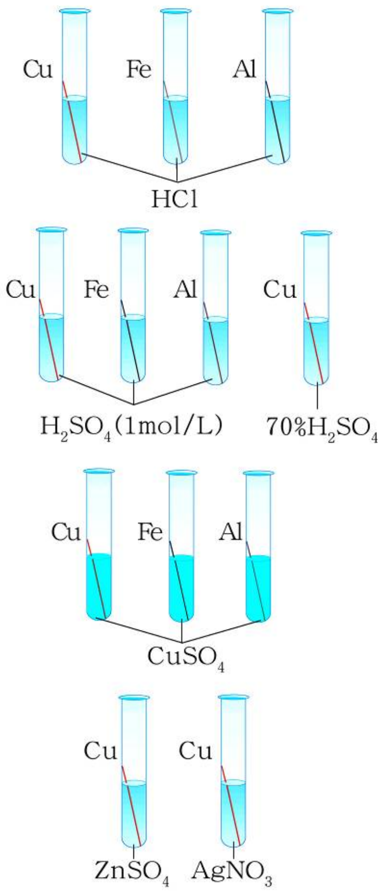


그림 15. 금속의 활성비교

실험문제 1

네개의 시험관에 묽은 염산, 묽은 류산, 가성소다용액, 석회수가 제가끔 들어있다. 실험으로 이 물질들을 알아내여라.

실험문제 2

염화나트리움에 적은 량의 탄산나트리움이 섞여있다.

어떤 실험으로 이것들이 섞여있다는것을 알아낼수 있는가?

섞여있는 탄산나트리움은 어떤 방법으로 없앨수 있는가?

실험을 하여라.

실험문제 3

네개의 병에 염화칼리움용액, 브롬화칼리움용액, 요드화칼리움용액, 묽은 염산용액이 제가끔 들어있다.

실험으로 이 물질들을 알아내여라.

부 록

몇가지 산, 염기와 염의 용해성(20℃)

음이온 / 양이온	OH^-	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
H^+		물에 용해됨 / 휘발성물질임	물에 용해됨 / 휘발성물질임	물에 용해됨	물에 용해됨 / 휘발성물질임
NH_4^+	물에 용해됨 / 휘발성물질임	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨
K^+	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨
Na^+	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨
Ba^{2+}	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해되지 않음	물에 용해되지 않음
Ca^{2+}	물에 약간 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해되지 않음
Mg^{2+}	물에 용해되지 않음	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 약간 용해됨
Al^{3+}	물에 용해되지 않음	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	존재하지 않거나 물을 만나면 곧 분해됨
Mn^{2+}	물에 용해되지 않음	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해되지 않음
Zn^{2+}	물에 용해되지 않음	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해되지 않음
Fe^{2+}	물에 용해되지 않음	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해되지 않음
Fe^{3+}	물에 용해되지 않음	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	존재하지 않거나 물을 만나면 곧 분해됨
Cu^{2+}	물에 용해되지 않음	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해됨	물에 용해되지 않음
Ag^+	존재하지 않거나 물을 만나면 곧 분해됨	물에 용해됨	물에 용해되지 않음	물에 약간 용해됨	물에 용해되지 않음

물에 용해됨을 표시
물에 용해되지 않음
물에 약간 용해됨
휘발성물질임
존재하지 않거나 물을 만나면 곧 분해됨

몇가지 화학원소들

H	hydrogen	водород
He	helium	гелий
Li	lithium	литий
Be	beryllium	бериллий
B	boron	бор
C	carbon	углерод
N	nitrogen	азот
O	oxygen	кислород
F	fluorine	фтор
Ne	neon	неон
Na	sodium	натрий
Mg	magnesium	магний
Al	aluminium	алюминий
Si	silicon	кремний
P	phosphorus	фосфор
S	sulfur	сера
Cl	chlorine	хлор
Ar	argon	аргон
K	potassium	калий
Ca	calcium	кальций
Ti	titanium	титан
Cr	chromium	хром
Mn	manganese	марганец
Fe	iron	железо
Co	cobalt	кобальт
Ni	nickel	никель
Cu	copper	медь
Zn	zinc	цинк
Ga	gallium	галлий
Ge	germanium	германий

Se	selenium	селен
Br	bromine	бром
Kr	krypton	криптон
Rb	rubidium	рубидий
Mo	molybdenum	молибден
Rh	rhodium	родий
Pd	palladium	палладий
Ag	silver	серебро
Cd	cadmium	кадмий
Sn	tin	олово
Sb	antimony	сульма
Te	tellurium	теллур
I	iodine	йод
Xe	xenon	ксенон
Cs	cesium	цезий
Ba	barium	барий
La	lanthanium	лантан
Ta	tantalum	тантал
W	wolfram	вольфрам
Os	osmium	осмий
Ir	iridium	иридий
Pt	platinum	платина
Au	gold	золото
Hg	mercury	ртуть
Pb	lead	свинец
At	astatine	астат
Rn	radon	радон
Ac	actinium	актиний
U	uranium	уран
Pu	plutonium	плутоний

찾아보기

주기표	33	periodic table	периодическая таблица
중화반응	97	neutralization reaction	нейтрализационная реакция
할로겐	25	halogen	галоген
흙알카리금속	20	alkali-earth metal	щёлочно-земельный метал
흡열반응	163	endothermic reaction	эндотермическая реакция
헤쓰법칙	170	Hess' law	закон Гесса
화학결합	38	chemical bond	химическя связь
알카리금속	15	alkali metal	щёлочный металл
양성원소	10	electropositive element	положительный элемент
양이온	10	positive ion	положительный ион
연소열	167	combustion heat	теплота сгорения
열함수	164	enthalpy	энтальпия
염	96	salt	соль
염기	84	base	основание
염기성산화물	122	basic oxide	основной окид
염화물	109	chloride	хлорид
음성원소	10	electronegative element	отрицательный элемент
음이온	10	anion	анион
이온결정	39	ionic crystal	ионный кристалл
이온결합	38	ionic bond	ионная связь
이온반응	105	ionic reaction	ионная реакция
이온방정식	105	ionic equation	уравнение реакции в ионной форме
원자가	42	valence	валентность
원자결정	44	atomic crystal	атомный кристалл
원자구조	5	atomic structure	атомная структура
원자번호	5	atomic number	атомный номер

편찬위원회

김용진, 김영인, 한성일, 강영백,

김창선, 류해동, 차길복

총편집 교수 박사 박정수

화 학 (제1중학교 제4학년용)
3 판

집　필 손경철, 김미란, 부교수 강영백, 부교수 김승교	심　사 심의위원회
편　집 황동일	그　림 김순영
콤퓨터편성 김광영, 황동일	교　정 오혜란
장　정 김광영	

낸　곳　교육도서출판사	인쇄소 교육도서인쇄공장
	2 판발행 주체 99(2010)년 3 월 27 일
	3 판발행 주체 101(2012)년 7 월 19 일

교-12-보-741